This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

TRAITÉ PRATIQUE

DE LA

MACHINE LOCOMOTIVE

Digitized by Google

Digitized by Google

TRAITÉ PRATIQUE

DE LA

MACHINE LOCOMOTIVE

CONTENANT

LES PRINCIPES GÉNÉRAUX RELATIFS A L'ÉTUDE ET A LA CONSTRUCTION DES LOCOMOTIVES,
LA DESCRIPTION DES TYPES LES PLUS RÉPANDUS,
L'ÉTUDE DE LA COMBUSTION, DE LA PRODUCTION ET DE L'UTILISATION DE LA VAPEUR,
DU RENDEMENT, DES CONDITIONS DE FABRICATION
ET DE RÉCEPTION DES MATÉRIAUX,
DES PROPORTIONS ET DU MODE DE CONSTRUCTION DES ORGANES.

PAR

MAURICE DEMOULIN
Ingénieur des Arts et Manufactures

OUVRAGE PRÉCÉDÉ D'UNE INTRODUCTION

PAR

ÉDOUARD SAUVAGE
Professeur à l'École Nationale Supérieure des Mines

973 figures et planches dans le texte — 6 planches hors texte.

TOME TROISIÈME

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1898

Tous droits réservés.

Digitized by Google

Eng 278.48

AUG 1 1898
LIBRARY.
Lane fund.

Digitized by Google

TRAITÉ PRATIQUE

DE LA

MACHINE LOCOMOTIVE

CHAPITRE IV

PROPORTIONS ET DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES ORGANES DU MÉCANISME

Poids adhérent, nombre d'essieux accouplés. — Relation entre le poids adhérent et la puissance. — Diamètre des roues. — Volume des cylindres. — Position des cylindres. — Contrepoids. — Section des conduits et orifices de vapeur. — Longueur des bielles. — Disposition générale du mécanisme.

213. Le mécanisme de la locomotive comprend les cylindres et leurs pistons avec leurs tiges, les crosses de tiges de piston et les glissières, les bielles motrices et d'accouplement, les tiroirs, barres d'excentriques coulisses et appareil de relevage (fig. 426). Il se compose, en un mot, de tous les organes propres à la transformation, en énergie mécanique, du calorique contenu dans la vapeur d'eau, et à communiquer aux roues un mouvement de rotation tout en assurant le bon fonctionnement de l'ensemble en permettant une action aussi régulière et continue que possible de la vapeur.

Les cylindres sont ordinairement situés à l'avant et actionnent directement un des essieux placés sous le corps cylindrique; mais, dans quelques machines dérivés du type Crampton, telles que les express de la Compagnie de l'*Est* (séries 501-562, 801-840) et du *Midi* (53-95, 1601), etc. (voir fig. 12 à 15 et 26), les cylindres se trouvent vers le milieu de la machine et l'essieu moteur est à l'extrême arrière.

Dans les locomotives non compound, les cylindres sont au nombre de deux et commandent invariablement des manivelles calées à 90°. De la sorte, l'effort moteur est aussi constant que possible et, à moins que les tiroirs n'aient un recouvrement exagéré, la machine peut toujours démarrer dans toutes les positions qu'occupent les manivelles. Dans les machines compound, les cylindres peuvent être au nombre de deux à quatre, ils

Digitized by Google

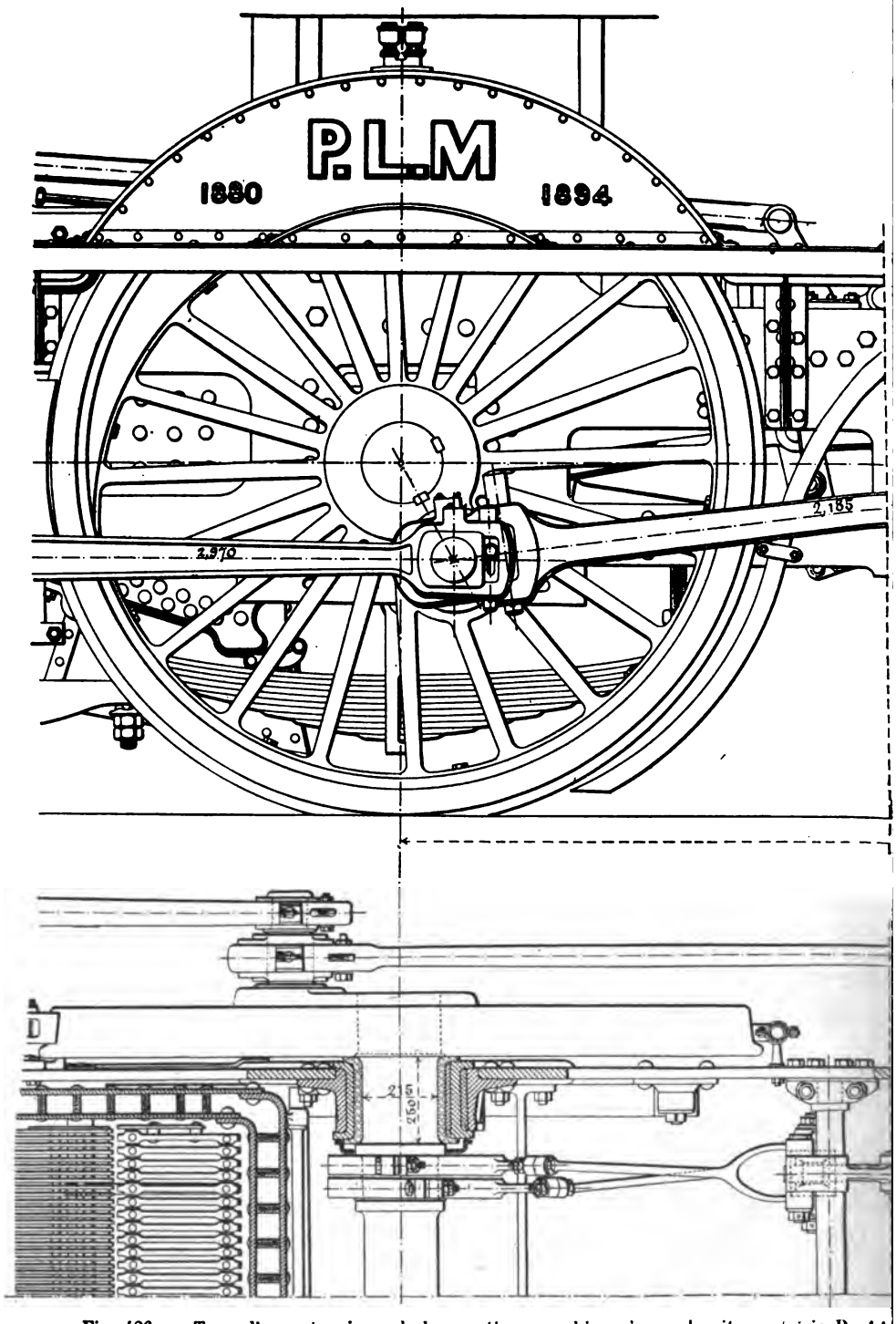
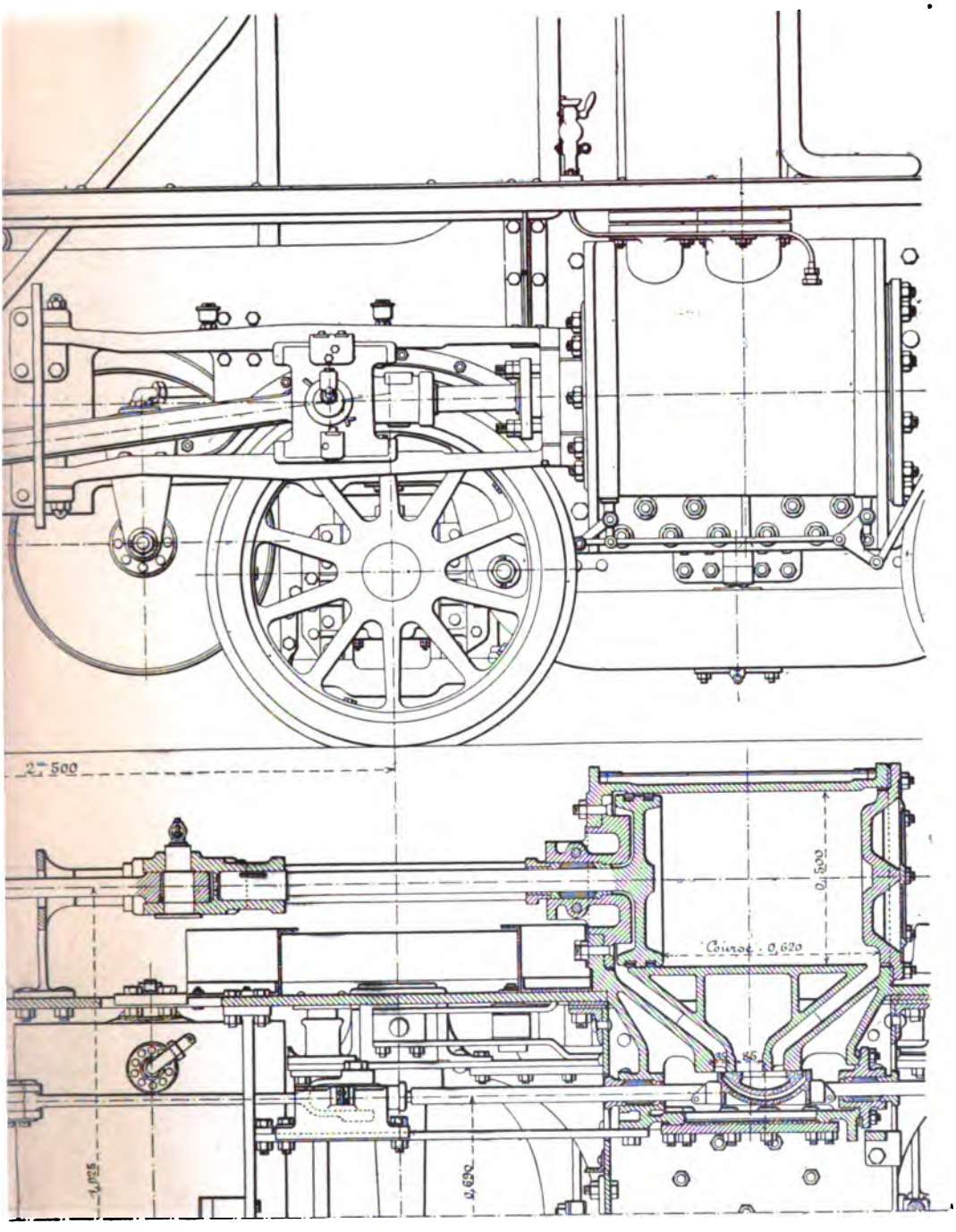


Fig. 426. — Type d'un mécanisme de locomotive ; machines à grande vitesse (série B. 11

Digitized by Google



) des *Chemins de fer de P.-L.-M.* Cylindres extérieurs ; boites à tiroir et distribution intérieures.

Digitized by Google

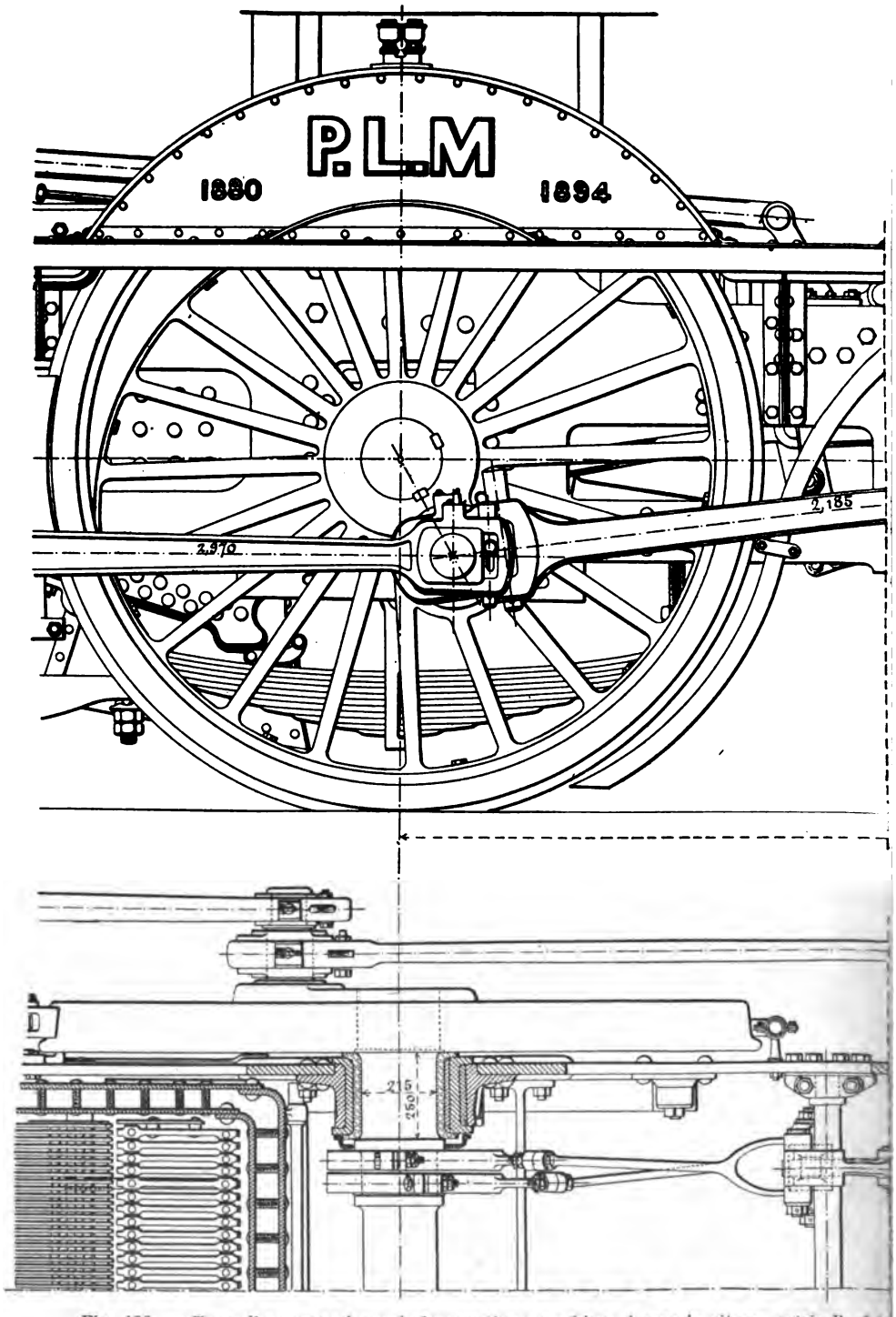
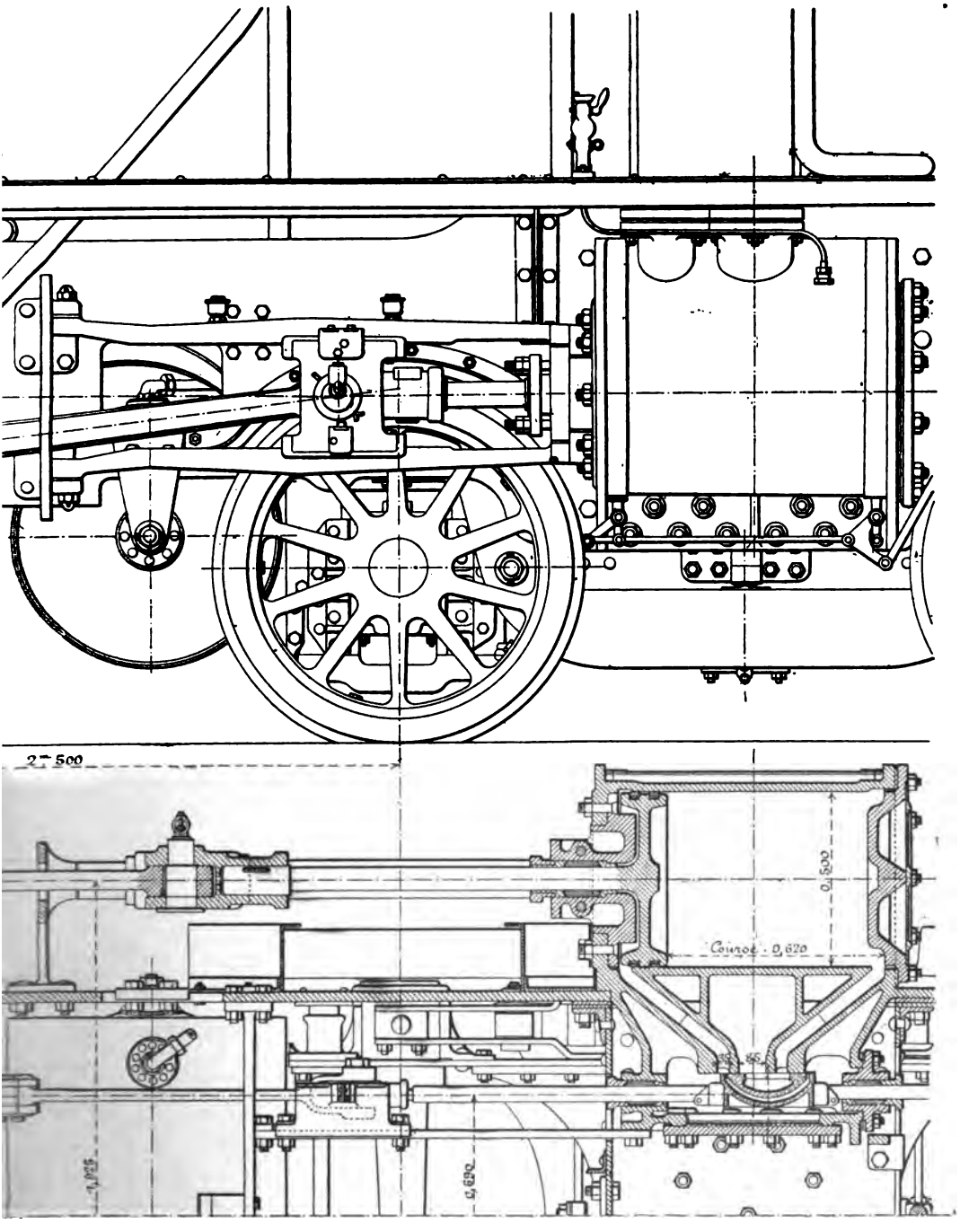


Fig. 426. — Type d'un mécanisme de locomotive ; machines à grande vitesse (série B. 1 1

Digitized by Google



) des *Chemins de fer de P.-L.-M.* Cylindres extérieurs ; boites à tiroir et distribution intérieures.

Digitized by Google

peuvent commander le même essieu ou deux essieux différents. Les cylindres sont placés à l'intérieur ou à l'extérieur des longerons ; dans le premier cas ils actionnent un essieu coudé ; dans le second, ils commandent chacun un bouton calé à la partie extérieure de la roue dont les bras et le moyeu remplacent alors la manivelle.

La position à donner aux cylindres, à l'extérieur ou à l'intérieur des longerons, a fait naître des controverses classiques que nous résumerons plus loin. Chaque système a, en somme, ses avantages dont les uns ou les autres deviennent prédominants suivant les circonstances ou les opinions personnelles des ingénieurs.

214. Poids adhérent. Nombre d'essieux accouplés. — On ne doit pas, lorsqu'on étudie un type de locomotive, perdre de vue ce principe général que le nombre des essieux accouplés doit être aussi petit que le permettent d'une part la charge à remorquer et, d'autre part, le poids maximum autorisé par essieu ; autrement dit, qu'il faut limiter le poids disponible pour l'adhérence à ce qui est nécessaire et s'attacher à faire porter ce poids par le nombre minimum d'essieux. L'accouplement ne va pas, en effet, sans quelques inconvénients qui augmentent avec le nombre d'essieux conjugués et que nous rappellerons sommairement, ce sujet ayant été traité ci-dessus plus longuement. Les bandages ne présentent pas exactement la même dureté et ne sont pas également chargés ; ils ne s'usent donc pas complètement de la même quantité pour un parcours donné et leurs diamètres au roulement, après quelque temps de service, ne sont plus identiques ; quand les roues sont accouplées, elles doivent, dans l'unité de temps, fournir le même nombre de tours d'où résulte, par suite du développement différent qu'elles présentent, des glissement préjudiciables au bon rendement. Celui-ci est aussi un peu diminué par les frottements supplémentaires des têtes de bielles d'accouplement. En outre, les essieux accouplés ne peuvent recevoir qu'un jeu latéral très limité, ce qui ne permet pas d'accroître suffisamment soit l'empattement, soit la souplesse. Cet inconvénient n'existe pas pour les locomotives à quatre roues accouplées, mais il se fait sentir dans les locomotives à six et surtout à huit roues accouplées.

Enfin les roues accouplées ont un diamètre supérieur à celui des roues porteuses et, par conséquent, présentent un poids un peu plus considérable.

Aussi l'idéal consisterait-il, au point de vue du rendement et de l'entretien, pour les locomotives destinées à remorquer des trains dont la traction est actuellement opérée par des machines à adhérence partielle, à faire porter tout le poids adhérent sur un essieu unique placé au centre, chacune des extrémités de la machine reposant sur un essieu porteur ou sur un bogie. C'est ce desideratum qu'ont réalisé certaines Compagnies anglaises

Digitized by Google

par l'adoption de puissantes machines à roues libres (fig. 73 à 82) chargées d'assurer leurs services les plus rapides, mais dont, malgré tout, le poids adhérent est encore limité à 18 ou 19 t. ce qui, en dépit de l'emploi des sablières à vapeur, est insuffisant pour le démarrage des trains lourds de voyageurs. Cette solution paraît peu susceptible d'application sur le Continent où l'on a tendance à accroître continuellement le poids de ces trains. D'ailleurs, il n'est pas prouvé que, d'ici peu d'années, ces machines ne se montrent aussi insuffisantes en Angleterre.

On est donc conduit, pour les locomotives devant remorquer, soit normalement, soit accidentellement, des trains d'un poids notablement supérieur à 100 t., à accoupler deux essieux, d'autant plus qu'en France, on n'a pas encore atteint des charges d'essieux aussi élevées qu'en Angleterre ou aux Etats-Unis. Pour obtenir le maximum de poids adhérent sur un nombre donné d'essieux accouplés, aussi bien que pour produire une même usure des bandages, on est conduit à charger également ces essieux et, pour cela, à étudier avec soin la répartition et employer parfois des balanciers conjuguant les ressorts des roues accouplées.

Si toutefois on n'estime pas avoir besoin du maximum possible de poids adhérent et que la limite de charge imposée par essieu soit élevée, on a quelquefois avantage à faire porter le poids maximum sur l'essieu moteur pour décharger les bielles d'accouplement. C'est une pratique très suivie en Angleterre. Nous citerons comme exemple les nouvelles machines express du *North Eastern* (type Q_1) (fig. 108), qui portent 19 t. environ sur l'essieu moteur et 16 t. sur l'essieu accouplé. Il s'agit ici bien entendu des locomotives à foyer profond plongeant entre les deux essieux accouplés placés à l'arrière et dans lesquelles on est obligé, pour obtenir une égale répartition, si l'on n'emploie pas de balanciers et une charge totale suffisante sur les roues accouplées, d'ajouter un lest à l'arrière, sous la plate-forme.

Si les locomotives étaient toujours étudiées en vue de répondre strictement à un programme déterminé, on devrait d'abord établir le poids adhérent nécessaire dans la circonstance puis le diviser par la charge admise par essieu, ce qui déterminerait le nombre des essieux accouplés. Il n'en est pas toujours ainsi et, la plupart du temps, on se donne d'avance le nombre des essieux qui seront accouplés et, quand il s'agit de locomotives à grande vitesse, on fait porter à chacun la charge maximum autorisée. Si le poids adhérent ainsi obtenu est un peu élevé pour les nécessités du moment, la machine possèdera une certaine marge de puissance lui permettant de parer dans l'avenir aux exigences croissantes du service. Il vaut mieux, d'autre part, que la machine soit exposée à manquer parfois un peu de poids adhérent, lorsqu'elle sera attelée exceptionnellement à un train très lourd, plutôt que de posséder un nombre d'essieux accouplés qui ne soit pas en rapport

Digitized by Google

avec son service normal. Cela revient en somme à dire qu'il est avantageux de spécialiser les locomotives comme c'est, d'ailleurs, le cas sur la plupart des réseaux européens qui possèdent au moins des types de locomotives à grande vitesse, mixtes et à marchandises.

Toutes choses égales d'ailleurs, le poids adhérent et le nombre d'essieux accouplés devront être d'autant moindres que la vitesse moyenne de régime sera plus grande ; il doit en être ainsi avec des machines qui développent sensiblement le même travail quelle que soit la nature du service, les unes remorquant des charges plus lourdes, les autres atteignant de plus grandes vitesses.

Les Anglais, nous l'avons vu, emploient encore, pour le remorquage de leurs trains les plus rapides, des locomotives à essieux indépendants portant de 16 à 19 t., qui comportent des chaudières identiques à celles des locomotives du même réseau, à quatre et six roues accouplées de moindre diamètre, chargées d'assurer des services moins rapides. Ces locomotives à roues libres sont évidemment spécialisées dans un service peu varié, mais elles l'effectuent dans des conditions qui passent pour être économiques.

En général, on considère que les locomotives à quatre roues accouplées conviennent au service général des trains express, tout en présentant une adhérence qui leur est parfois utile dans son intégralité pour leur service normal mais peut, en tous cas, leur permettre une spécialisation moins grande que les précédentes et de s'adapter au besoin à un service de banlieue ou de trains omnibus à arrêts fréquents. On ne pousserait cependant pas ce dernier principe jusqu'à adopter actuellement, comme type normal à voyageurs, des locomotives à six roues accouplées de grand diamètre.

Ceci nous amène naturellement à admettre un effort de traction limite pour chaque type de machine, puisque le poids par essieu ne peut dépasser un taux maximum toléré. Même pût-on donner à la chaudière une puissance indéfinie, nous ne pensons pas qu'un constructeur entreprendrait dès maintenant d'établir des machines express qui pussent remorquer, aux plus grandes vitesses, des charges très sensiblement supérieures aux charges maxima actuelles, mais surtout parce qu'il est convenu que le type express doit être à quatre roues accouplées. Il n'en sera peut-être pas toujours ainsi, surtout si les tendances de l'exploitation vont plutôt vers l'accroissement du poids des trains que vers l'augmentation de leur vitesse. Au fond, à part les distinctions que nous avons faites au début de ce paragraphe et en dépit des préférences que l'on doit accorder, à service égal, aux machines offrant le nombre minimum d'essieux accouplés, le problème se réduit à une question de chaudière. Il ne serait pas étonnant que, le jour où l'on pourrait donner à la locomotive une chaudière assez puissante pour lui permettre de remorquer, aux plus grandes vitesses usuelles, un train d'un poids nécessi-

Digitized by Google

tant pour son démarrage l'accouplement de trois essieux, la machine à six roues accouplées devienne un type courant pour le service des express. C'est d'ailleurs jusqu'à un certain point ce qui c'est passé aux Etats-Unis où les locomotives à six roues accouplées et à bogie, si elles ne sont pas usitées d'une manière générale pour les trains les plus rapides, sont néanmoins très employées pour le service des express ; étant donnée la charge de ces trains, quand on a pu se dispenser de l'accouplement d'un troisième essieu, c'est seulement grâce au poids très considérable que l'on fait porter aux roues motrices, jusqu'à 22 t. par essieu.

On considère actuellement en France une charge de 16 t. à 16,5 t. comme un maximum qu'il ne convient pas de dépasser ; mais à l'étranger, on va plus loin : en Angleterre jusqu'à 19 tonnes, et aux États-Unis jusqu'à 22 t. Le poids adhérent des machines express est donc pour le moment limité chez nous à 32 ou 33 tonnes et dans les environs ne 41 t. aux-États-Unis.

Nous renvoyons, pour ce qui est des différents types de locomotives envisagées au point de vue du nombre de leurs essieux accouplés, à la Première Partie de cet ouvrage où nous avons étudié les différents types de machines.

Charge sur les essieux moteurs et accouplés de quelques locomotives à grande vitesse de construction récente.

	ESSIEUX moteurs.	ESSIEUX accouplés.
	Kg.	Kg.
Chemins de fer de l'Ouest. Machines 963-990	15 000	15 000
Chemin de fer du Nord. Machines 2158-2160	31 350	
Chemins de fer de l'Est. Machines 813-840.	16 649	16 747
Chemins de fer de P.-L.-M. Machines C. 21-60	15 940	15 940
Chemin de fer d'Orléans. Machines 103	15 620	14 320
Midi. Machines 1751-1762.	32 800	
Caledonian. Type Dunalastair.	16 250	15 500
North Eastern. Type Q_1	18 980	15 900
— Machines à roues libres.	17 750	»
Midland. —	17 781	»
Great Northern. —	18 289	»
Great Western. —	18 120	»
Etat belge. Type 16.	16 900	16 550
Pennsylvania Railroad. Type P	19 900	21 200
New-York Central. Type 999	19 051	19 051
New-York New Haven and Hartford.	39 000	
Boston and Maine.	36 742	
Philadelphia and Reading. Machine à roues libres.	21 060	»
Chicago Burlington and Quincy.	21 065	18 000

215. Relation entre le poids adhérent et la puissance. — On désigne parfois, assez improprement, par le mot puissance, faute d'une expression plus juste, la capacité de traction de la locomotive alors que ces mots, dans l'acception où nous l'entendons, renferme implicitement l'idée de travail et par conséquent la notion de vitesse. Le travail étant proportionnel au produit de

Digitized by Google

l'effort par la vitesse, la puissance des locomotives, par unité de poids adhérent, peut être très variable suivant le service effectué. Il est assez difficile de déterminer en principe quels sont les types de locomotives qui doivent, en service, développer normalement la plus grande puissance; il semble cependant que les machines express produisent en général plus de travail que les autres. Certaines administrations, au point de vue des surfaces de chauffe et de grille, ne font aucune distinction entre les locomotives à voyageurs et à marchandises que l'on munit des mêmes chaudières.

Pour un même poids adhérent, la puissance des locomotives peut être très variable et le progrès, dans ces dernières années, a bien plutôt consisté dans l'accroissement de la capacité des chaudières que dans celui du poids disponible pour l'adhérence. Tandis que ce dernier passait, par exemple pour les machines express, de 25 ou 27 tonnes à 32 ou 33 tonnes, le premier subissait un accroissement de plus de 60 p. 100 en moyenne. Il en résulte que si les locomotives modernes ne sont pas toujours capables de démarrer des trains beaucoup plus lourds que les machines qui les ont immédiatement précédées, elles peuvent en revanche remorquer ces trains à de plus grandes vitesses.

L'effort au démarrage, en réalité, est tout à fait indépendant de la puissance de la chaudière; il est seulement proportionnel au poids adhérent, au volume des cylindres et à la pression de marche. Telle locomotive possédant une petite chaudière et une faible surface de grille sera capable, si son poids adhérent et le produit du volume des cylindres par la pression sont suffisamment considérables, de démarrer les trains les plus lourds; son infériorité ne commencera à se faire jour que du moment où il faudra remorquer ce même train à une vitesse un peu grande et par conséquent développer un travail qui sera rapidement supérieur à celui que peut fournir la chaudière. Au contraire, une locomotive présentant un poids adhérent moins considérable mais munie d'une chaudière de grande capacité, inférieure à la première au moment du démarrage, pourra fournir un travail continu plus élevé et remorquer un train de poids donné à une vitesse beaucoup plus grande.

Il faut donc éviter de confondre le poids adhérent avec la puissance; une locomotive à essieux indépendants, par exemple, pourra être plus puissante qu'une locomotive à six roues accouplées offrant un poids adhérent supérieur, mais ayant une chaudière de moindre capacité. La seconde pourra remorquer à petite vitesse des trains lourds, la première effectuera la traction de trains plus légers à des vitesses plus considérables, le produit de l'effort moyen de traction par la vitesse étant plus grand dans le dernier cas.

C'est ce qui, nous l'avons déjà vu, justifie l'emploi de plus en plus général, à mesure que les vitesses augmentent, des locomotives à adhérence partielle pour les services des trains mixtes ou de marchandises. Plus le service sera

Digitized by Google

rapide et plus, à égalité de poids adhérent ou d'effort initial de traction, la capacité de la chaudière devra être considérable. En un mot, plus la vitesse doit être grande et plus le rapport de la capacité de la chaudière au volume des cylindres devra être élevé; il est donc naturel, au delà d'une certaine limite, que la chaudière ait une capacité assez grande pour nécessiter l'addition d'essieux porteurs.

216. Diamètre des roues. — Le diamètre des roues de locomotives est ordinairement choisi de telle sorte que des cylindres de volume sensiblement égal puissent correspondre, pour chaque type, à des efforts de traction différents. Certaines Compagnies anglaises n'ont même qu'un seul modèle de cylindre que l'on applique à toutes locomotives à grande vitesse ou à marchandises.

En principe, le fonctionnement est d'autant plus satisfaisant que le diamètre des roues est plus grand; les expériences de M. Goss tendent à montrer que le diamètre des roues a une action sensible sur le rendement. La résistance de la machine diminue évidemment à mesure que le diamètre des roues s'accroît puisque, celui des fusées restant constant, le rapport des moments des efforts à la jante et des efforts résistants tangentiels à la fusée s'accroît avec le diamètre des roues. Ce diamètre est limité par la nécessité de ne pas employer des cylindres d'un volume excessif, sans quoi on pourrait souvent l'accroître avec avantage.

D'autre part, le diamètre minimum des roues est déterminé par cette considération qu'il doit être supérieur à la course des pistons, d'une quantité suffisante pour que les têtes de bielles ne viennent pas, dans leur mouvement de rotation, à sortir du gabarit et à toucher le ballast.

Du moment que l'on se tient, pour le volume des cylindres, entre des limites peu écartées, c'est évidemment le diamètre des roues qu'il faut modifier pour faire varier l'effort de traction et ce diamètre doit être inversement proportionnel au poids adhérent ou, toutes choses égales d'ailleurs, au nombre d'essieux accouplés. En moyenne, le diamètre des roues varie comme suit pour les différents types de locomotives :

Types de machines.	Diamètre des roues.
Machines à roues libres	2,10 m. à 2,50 m.
— à quatre roues accouplées.	1,70 — à 2,20 —
— à six roues accouplées.	1,35 — à 1,90 —
— à huit roues accouplées	1,20 — à 1,50 —
— à dix roues accouplées	1,10 — à 1,25 —

217. Volume des cylindres. — Le volume des cylindres doit être déterminé en fonction du timbre et du diamètre des roues motrices, de telle sorte que l'effort sur les pistons soit assez considérable :

Digitized by Google

1° Au moment du démarrage, pour utiliser la totalité du poids adhérent lorsque le coefficient d'adhérence atteint sa valeur maximum;

2° En cours de route, pour permettre, avec une introduction réduite et malgré le laminage de la vapeur, à la machine de développer la puissance nécessaire au remorquage des trains les plus lourds et les plus rapides dont elle doit assurer la traction.

Ordinairement, quand la première condition se trouve réalisée, la seconde l'est également; cette dernière introduit cependant dans le problème une certaine indétermination, car tous les ingénieurs ne sont pas d'accord sur le degré de détente le plus avantageux au cours du fonctionnement normal. C'est à cette indétermination relative que l'on doit attribuer les proportions assez variables adoptées pour les cylindres de locomotives comparables à tous les autres points de vue : poids adhérent, pression, diamètre des roues, etc.

C'est en réalité le volume minimum des cylindres qui est imposé par la première des conditions que nous avons énoncée; pour permettre à la machine de développer en vitesse une puissance aussi grande que le comporte la capacité de sa chaudière, avec un coefficient de détente élevé, on est parfois conduit à augmenter ce volume, quitte à déterminer le patinage au moment du démarrage. D'ailleurs, l'effort de traction théorique dépend uniquement de la pression, du volume des cylindres et du diamètre des roues ; il n'a rien à voir avec la puissance de la chaudière. Il semble donc que l'on doive avoir tendance, à une époque où la vitesse des trains subit une marche ascendante, par conséquent où la puissance développée en cours de route par la locomotive et la capacité de sa chaudière doivent être de plus en plus considérables, à égalité de poids adhérent, à donner aux cylindres un volume supérieur à celui qui serait strictement nécessaire pour utiliser toute l'adhérence disponible au moment du démarrage.

Il vaut mieux que le volume des cylindres pèche par excès que par insuffisance, car les seuls inconvénients qui en résultent consistent dans le patinage éventuel au démarrage si le mécanicien ouvre brusquement le régulateur, et dans le poids et l'encombrement un peu plus grand des cylindres. Si ceux-ci sont trop petits au contraire, la puissance de la machine se trouve diminuée; elle ne peut plus utiliser toute son adhérence si la pression baisse légèrement, son régime économique est moins satisfaisant car on devra, pour développer en vitesse le travail nécessaire, marcher avec une introduction exagérée.

En pratique, on détermine le volume des cylindres par comparaison avec des machines existantes et on vérifie ensuite qu'il est, avec le poids adhérent, dans un rapport convenable. L'effort de traction se calcule, on le sait, par la formule $\frac{pd^2l}{D}$ où d représente le diamètre des cylindres (en centi-

Digitized by Google

mètres), l la course des pistons et D le diamètre des cylindres (en mètres). On n'évalue pas toujours p, pression sur les pistons, de la même manière. Certains constructeurs estiment que, la vitesse des pistons étant d'abord nulle, puis très faible au moment du démarrage, la pression de la chaudière P peut s'établir intégralement dans les boîtes à tiroir et sur les pistons, la vapeur ne subissant aucune perte de charge et n'étant pas laminée; en donnant une telle valeur à p on obtient l'effort de traction maximum théorique, supérieur à l'effort réel dès que la vitesse du piston a atteint une valeur même très faible. Aussi, frappe-t-on le plus souvent la pression P d'un coefficient réducteur : $p = \alpha$ P où α varie de 0,90 à 0,65, cette dernière valeur étant un peu faible ; d'autres préfèrent retrancher de p une constante et prennent p = P — (1 à 2 kg.).

La formule précédente peut permettre de calculer directement le volume des cylindres en fonction de l'effort de traction que l'on désire obtenir; mais le nombre immense de machines qui existent aujourd'hui et répondent aux conditions les plus variées permettant de procéder par voie de comparaison, on opère rarement ainsi. Il faut en tout cas, la formule renfermant deux inconnues — course et diamètre des pistons — se donner à priori, soit l'un de ces éléments, soit leur rapport.

Il importe que la course des pistons ne descende pas au-dessous d'une certaine valeur, et souvent on a plus d'avantage à l'augmenter qu'à la réduire malgré l'accroissement de la vitesse de piston qui en résulte. Les grandes courses sont toujours avantageuses dans les machines à vapeur en général et assurent la douceur et la régularité du fonctionnement tout en réduisant l'usure et les chances d'échauffements aux articulations des bielles motrices. Dans le cas particulier qui nous occupe, les grandes courses doivent surtout leurs avantages aux trois causes suivantes :

1° A puissance égale, les pressions sur les articulations sont moindres puisqu'elles sont directement proportionnelles à la surface des pistons. Le travail absorbé par les résistances passives et l'usure seront moins grands;

2° Les hauteurs des espaces nuisibles, correspondant au jeu laissé au piston à bout de course, étant sensiblement une constante, leur volume diminue avec le diamètre des cylindres, d'où économie de vapeur; exception faite pour certaines machines telles que les compounds où les espaces morts des petits cylindres sont souvent trop faibles au contraire, la haute pression initiale de la vapeur d'échappement entraînant une compression excessive qui tend à soulever les tiroirs;

3° Les cylindres, à volume égal, ayant un faible diamètre, sont plus faciles à installer et débordent moins s'ils sont extérieurs.

C'est autant à la longueur relative de leur course qu'à celle de leurs bielles que les locomotives doivent de pouvoir fonctionner à de grandes vitesses

Digitized by Google

tout en présentant des surfaces frottantes de très faible surface relativement à celles que l'on adopte pour les machines marines fonctionnant même à des vitesses moins considérables.

Lorsque M. P. Stirling, ingénieur en chef du *Great Northern Ry*, étudia le type de locomotive express à roues libres (fig. 73, 74) qui remorque aujourd'hui encore l'express d'Ecosse de Londres à York, il fut conduit à adopter pour les roues motrices le diamètre considérable de 2,48 m., mais ne chercha pas à en profiter pour réduire la vitesse du piston, car la course fut augmentée en proportion et portée à 0,710 m. L'excellent fonctionnement de ces machines aux plus grandes vitesses semble indiquer que ce principe est assez rationnel.

Pourtant, quand on passe d'un type de machine à un autre qui en est le développement on préfère ordinairement, à moins que l'on ne réalise une augmentation de puissance, modifier le diamètre que la course des pistons. C'est qu'en effet l'accroissement de diamètre n'entraîne d'autre transformation que celle des cylindres eux-mêmes et des pistons, — parfois une augmentation de la section des bielles si l'accroissement de l'effort moteur est assez considérable, — tandis qu'une modification de la course se traduit par le changement du type de roues, si les cylindres sont extérieurs, ou d'essieu moteur si les cylindres sont intérieurs, et peut conduire à des modifications importantes de la machine.

Dans les locomotives que l'on construit aujourd'hui, la course des pistons varie entre 0,600 m. et 0,660 m.; ce n'est que très exceptionnellement que la course atteint ou dépasse 0,700 m. (machines (série 101-103) du Chemin de fer d'*Orléans*; express à roues libres de 2,48 m. du *Great Northern Ry*). Le diamètre est compris entre 0,430 m. et 0,530 m. En ce qui concerne les machines express modernes, il est le plus souvent compris entre 0,450 m. et 0,480 m. pour les locomotives non compound.

Nous avons réuni à ce sujet, dans le tableau suivant, quelques éléments relatifs à des types connus et récents de locomotives express :

Digitized by Google

DIAMÈTRE DES CYLINDRES, COURSE DES PISTONS, DIAMÈTRE DES ROUES ET POIDS ADHÉRENT DE QUELQUES TYPES DE LOCOMOTIVES

Machines à simple expansion.

DÉSIGNATION DES MACHINES	CYLINDRES		TIMBRE	DIAMÈTRE des roues motrices.	POIDS adhérent.
	Diamètre.	Course.			
	Mètres.	Mètres.	Kilogr.	Mètres.	Tonnes.
Compagnie de l'Ouest. Machines express à bogie, 963-990	0,460	0,660	12	2,040	28,60
— Machines à 6 roues accouplées et à bogie, 2301-2 304	0,510	0,660	12	1,660	44,20
— Machines à marchandises, 2245-2 259	0,460	0,640	10	1,420	40,00
Compagnie du Nord. Machines express type Outrance	0,450 et 0,460	0,610	11	2,114	28 à 29
— Machines à 6 roues accouplées, 3 473-3 512	0,480	0,610	10	1,664	40,80
— Machine-tender à 6 roues accouplées, 3011-3 019	0,420	0,600	10	1,439	34,00
— Machines à 8 roues accouplées, 4 026-4 075	0,530	0,650	10	1,300	45,00
Compagnie de l'Est. Machines express à 3 essieux, 543-562	0,440	0,610	10	2,110	29,00
— Machines express à bogie, 813-840.	0,240	0,660	12	2,090	33,40
Machines de banlieue, 705-742. .	0,240	0,600	12	1,560	45.24
— Machines à marchandises à 8 roues accouplées, 0526-0541.	0,500	0,600	9	1,260	49,41
— Machines à marchandises à 6 roues accouplées, 1 004-1 005 . . .	0,530 0,470	0,650	13	1,400	45,50
Compagnie de Lyon. Machines express, B. 111-400.	0,500	0,620	11	2,000	30,90
— Machines à marchandises à 8 roues accouplées	0,540	0,660	10	1,260	53.60
Compagnie d'Orléans. Machines express, 77-86 .	0,440	0,650	15 (détendeur)	2,000	28,77
— Machine express, 103.	0,440	0,700	13	2,100	30,00
— Machines à marchandises, 882-941	0,480	0,650	8	1,350	38,20
— Machines à marchandises, 1114-1140	0,520	0,650	8	1,260	48,00
— Machines à 6 roues accouplées, 1 811-1 824	0,480	0,600	11	1,500	39,10
— Machine de banlieue, 2 186-2 200.	0,450	0,650	13	1,500	50,00
Etat. Express à 4 roues accouplées.	0,440	0,650	13	2,020	26,30
Compagnie du Midi. Machines express à 3 essieux (type 1 601)	0,440	0,600	10	1,980	30,00
— Machines à 6 roues accouplées, 801-888	0,450	0,650	8,5	1,610	37,70
— Machines à 8 roues accouplées, 751-760	0,500	0,650	8,5	1,310	46,00
État belge. Machines type 6 renforcé	0,510	0,650	12	1,700	50,05
— — type 12.	0,500	0,600	10	2,100	26,10
— — type 16.	0,530	0,650	12	1,700	50,05
— — type 25.	0,500	0,600	10	1,300	43,20
Lancashire et Yorkshire. Express à 4 roues accouplées	0,457	0,660	11,25	2,200	30,00
Midland. Express à roues libres.	0,470	0,660	11,25	2,286	17,80
— Express à 4 roues accouplées.	0,457	0,660	11,25	2,130	28,60
Manchester Sheffield. Express à 4 roues accouplées	0,457	0,660	11,25	2,060	32,55
London and South Western. Express à 4 roues accouplées	0,483	0,660	12,30	2,160	30,70
London Brighton. Express à 4 roues accouplées.	0,464	0,660	10,54	1,981	25,20
Caledonian. Express à 4 roues accouplées . . .	0,464	0,660	11,25	1,981	31,75
North British. Express à 4 roues accouplées . .	0,457	0,660	10,54	1,981	31,44
New-York Central. Express à 4 roues accouplées.	0,483	0,610	13,35	2,183	38,10
Baltimore and Ohio. Express à 4 roues accouplées	0,508	0,610	11,60	1,981	34,90
Pennsylvania RR. Express à 4 roues accouplées.	0,483	0,610	12,65	1,981	36,90
Méditerranée (Italie). Express à 4 roues accouplées.	0,450	0,620	11,37	2,100	29,50
Central Suisse. Machine à voyageurs à 6 roues accouplées	0,480	0,660	12,40	1,550	36,00

Digitized by Google

Machines compound.

DÉSIGNATION DES MACHINES	CYLINDRES			TIMBRE	DIAMÈTRE des roues motrices.	POIDS adhérent.
	Diamètre.		Course.			
	H. P.	B. P.				
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Kg.	Mètres.	Tonnes.
Nord. Express à bogie, 2121-2127.	2 × 0,340	2 × 0,530	0,640	14	2,114	30,50
P.-L.-M. Express à bogie, C. 21-60.	2 × 0,380	2 × 0,540	0,620	15	2,000	31,88
8 roues accouplées, 3211-3362.	2 × 0,360	2 × 0,590	0,650	15	1,500	55,40
Midi. 6 roues accouplées	2 × 0,350	2 × 0,550	0,640	14	1,600	41,70
London and N. W. Ry. Express, type Greater Britain	2 × 0,381	0,762	0,610	12	2,159	29,30
North Eastern Ry. Express à 4 roues accouplées.	0,508	0,711	0,660	14	2,159	34,33
Philadelphia and Reading RR. Express à 4 roues accouplées. .	2 × 0,330	2 × 0,559	0,610	12,6	1,981	35,40
Baltimore et Ohio. Express à 4 roues accouplées.	2 × 0,343	2 × 0,584	0,610	12,6	1,981	35,60
Etat prussien Express à 4 roues accouplées.	0,460	0,680	0,600	12,4	1,960	29,50
Pennsylvania RR. Marchandises, 6 roues accouplées.	0,510	0,727	0,701	12,13	1,880	54,00
Sud-Ouest russe. Express à 4 roues accouplées.	2 × 0,330	2 × 0,500	0,600	11,4	2,000	26,00
Etat autrichien. Express à 4 roues accouplées.	0,500	0,740	0,680	13	2,120	28,80

218. Position des cylindres. — Les cylindres peuvent occuper, dans le sens transversal comme dans le sens longitudinal, deux positions différentes. Ils peuvent être placés entre les longerons ou à l'extérieur de ceux-ci; ils peuvent être disposés à l'avant ou vers le milieu de la machine. Dans l'un ou l'autre cas, leur axe peut être horizontal ou légèrement incliné.

Les cylindres intérieurs, en somme, ne sont guère usités qu'en Angleterre, où leur emploi est général, en Belgique par les Chemins de fer de l'*Etat* et en France par les Compagnies de l'*Ouest* et du *Nord* surtout, pour les machines express. La Compagnie de l'Est n'emploie que des cylindres extérieurs pour ses locomotives à grande vitesse, mais possède un assez grand nombre de machines mixtes ou à marchandises à cylindres extérieurs.

Les cylindres extérieurs sont usités d'une manière prépondérante en France par les Compagnies d'*Orléans*, de *P.-L.-M.*, du *Midi* et les Chemins de fer de l'*Etat*. Ils sont pour ainsi dire seuls usités dans les autres pays : en Allemagne, en Autriche, en Russie, en Suisse, en Italie, etc. Aux Etats-Unis, il n'existe pas une seule machine à cylindres intérieurs.

Enfin, depuis quelques années, plusieurs Compagnies françaises comptent à leur effectif des machines compound ayant deux cylindres extérieurs et deux cylindres intérieurs, *Nord*, *P.-L.-M*, *Ouest*, *Midi*.

Les cylindres des locomotives doivent être autant que possible placés hori-

Digitized by Google

zontalement, leur inclinaison donnant naissance, sous l'action de la vapeur et de l'inertie à une composante verticale qui tend alternativement à soulever l'avant et à imprimer à la machine un mouvement prononcé de *galop*. Il est des cas toutefois où l'on ne peut éviter de les incliner : tel est, par exemple, celui des machines à cylindres extérieurs et à bogie ayant des roues motrices de petit diamètre et dont les cylindres sont placés entre les roues du truck, ou celui des locomotives à cylindres intérieurs dont les roues avant sont accouplées et ont par conséquent le même diamètre que les roues motrices. On doit alors incliner l'axe des cylindres, par rapport à l'horizontale, d'une quantité suffisante pour que les tiges de piston puissent passer au-dessus de l'essieu correspondant. D'ailleurs, l'inclinaison nécessaire, pour qu'il en soit ainsi, est assez faible en général pour ne pas avoir d'inconvénients sérieux.

219. Avantages relatifs des cylindres intérieurs et extérieurs. — Les cylindres intérieurs, étant plus rapprochés du plan longitudinal médian de la machine, les moments des efforts parasites sont moindres, ce qui diminue l'amplitude des mouvements de lacet ou de roulis, mais le mouvement de tangage ou de galop qui ne dépend que de la distance séparant le point d'application des efforts perturbateurs du plan transversal passant par le centre de gravité, reste le même que si les cylindres étaient extérieurs et placés sur le même axe transversal.

Les cylindres intérieurs sont mieux abrités contre les pertes par rayonnement extérieur ; ils forment eux-mêmes l'entretoise des longerons à l'avant et dispensent d'ajouter les consolidations qui sont nécessaires en ce point pour relier les longerons et supporter la chaudière quand les cylindres sont extérieurs ; ils offrent donc un avantage certain sous le rapport du poids.

Ils peuvent être fondus ensemble et en tout cas alésés et rabotés sur la même machine après avoir été assemblés à demeure, ce qui est une garantie incontestable du parallélisme de leurs axes.

Dans les machines à trois essieux ou à adhérence totale, ils offrent cet avantage très appréciable de se prêter à la réduction du porte à faux, car ils peuvent être reportés davantage sur l'arrière, presque jusqu'au contact de l'essieu avant tandis que, s'ils sont extérieurs, ils doivent être placés en avant des roues. Mais cet avantage, ils le perdent quand les longerons sont extérieurs parce qu'il est nécessaire de ménager le passage des roues, ce qui entraîne à les placer sensiblement à la même distance du premier essieu que s'ils étaient à l'extérieur.

Les tuyaux de vapeur et d'échappement sont en outre plus courts et plus directs quand les cylindres sont intérieurs.

D'autre part, on leur reproche de rendre le mécanisme moins accessible du dehors et d'exiger la présence d'un essieu coudé.

Digitized by Google

La première objection perd beaucoup de sa valeur quand la machine est bien disposée ; si le mécanisme ne peut être rendu aussi accessible que dans les machines à cylindres extérieurs, du moins il est susceptible de l'être suffisamment du dehors pour les besoins de la pratique et, en tout cas, il l'est toujours plus en cours de route, le mécanicien pouvant, en se portant vers l'avant sur le tablier, surveiller et graisser les deux mécanismes sans se pencher au dehors. L'exemple des machines anglaises est significatif à cet égard. Pour obtenir un tel résultat il suffit de relever suffisamment l'axe du corps cylindrique et de limiter la hauteur des longerons au-dessus du tablier. Dans les locomotives-tenders, il faut arrêter les caisses à eau immédiatement à l'avant des roues motrices, pour que l'on puisse accéder au mécanisme par en haut.

Les essieux coudés ne sont nullement une cause d'insécurité ou de difficulté dans l'entretien, à la condition qu'ils soient bien étudiés et soigneusement fabriqués : ils fournissent parfois de très longs parcours, nous le verrons plus loin et se rompent fort rarement en service ; ils périssent par l'extension, progressive et parfois très lente, de criques et de fissures qu'un examen approfondi révèle toujours. Nous ne pensons pas qu'une seule des Compagnies qui emploient depuis longtemps les essieux coudés se montre disposée à adopter des cylindres extérieurs dans le seul but de supprimer leur emploi.

Le principal défaut des cylindres intérieurs c'est de ne pas se prêter, dans toute la mesure du possible, à l'accroissement de puissance et au développement futur de la locomotive, et cela pour deux raisons. D'abord, à moins que les longerons ne soient extérieurs, et c'est, nous le verrons ailleurs, une disposition que l'on emploie de plus en plus rarement, le diamètre des cylindres est borné, non pas par l'écartement même des longerons, mais en raison de la limite imposée à l'entraxe de ces cylindres par la nécessité de donner aux fusées de l'essieu moteur, aux tourillons et aux bras de manivelles une largeur suffisante. Ces deux conditions d'ailleurs ont une action mutuelle et réciproque ; l'augmentation de longueur donnée aux portées et aux bras pour constituer des essieux coudés convenablement proportionnés en vue de leur adaptation à des machines notablement plus puissantes que les locomotives actuelles conduirait à réduire l'entraxe des cylindres à une cote qui ne permettrait plus l'installation de cylindres assez volumineux pour le travail à produire. Ensuite, il serait difficile d'établir des essieux coudés beaucoup plus résistants que ceux actuellement en service. On est donc porté à croire, tout en reconnaissant les nombreux avantages qu'elle possède, que l'application des cylindres intérieurs, loin de se répandre dans l'avenir, deviendra plus rare à mesure que la puissance des machines augmentera, à moins que le type à quatre cylindres ne finisse par prévaloir. Il est probable que la locomotive de l'avenir, quand elle aura atteint le développement

Digitized by Google

vers lequel on tend actuellement, sera à cylindres extérieurs. Déjà il serait difficile, sinon matériellement impossible, de construire des machines à cylindres intérieurs aussi puissantes que le sont actuellement certaines locomotives américaines (Express du *Southern RR.*, cyl. de 0,540 × 0,710).

Les cylindres extérieurs favorisent davantage la production des mouvements de lacet et de roulis, mais c'est là un inconvénient qui paraît avoir peu d'importance dans les machines modernes à bogie dont la stabilité est peu affectée par la position qu'occupent les cylindres. Ils ne permettent pas de faire une machine aussi compacte ni tout à fait aussi légère, mais ils se prêtent à un accroissement encore considérable du diamètre des cylindres et présentent plus de facilités pour l'installation des boîtes à tiroir et des conduits de vapeur, parfois bien resserrés dans les cylindres intérieurs.

Bien que l'on pût être porté à croire le contraire *a priori*, les cylindres intérieurs conviennent mieux aux locomotives à adhérence totale, pourtant réservées à des services moins rapides, qu'aux locomotives à grande vitesse parce que, dans les premières, ils permettent de réduire le porte à faux à l'avant, tandis que les secondes peuvent recevoir un bogie ou un bissel à l'extrême avant. Cela est tellement vrai que quelques Compagnies anglaises qui emploient des cylindres extérieurs pour leurs types à grande vitesse (*London et South Western*, *Highland*), font sans exception usage de machines à marchandises à six roues accouplées, à cylindres intérieurs.

Les cylindres intérieurs sont très difficilement applicables aux machines à huit roues accouplées ; le troisième essieu devant être moteur afin que les bielles soient assez longues, il faudrait incliner beaucoup les cylindres pour que ces bielles puissent éviter le second essieu. Les seules machines de ce genre que nous connaissions, ont été construites par M. Webb pour le *L. and N.W. Ry*, mais c'est le second essieu qui est moteur.

220. Position des cylindres dans le sens longitudinal. — Dans la très grande majorité des locomotives, les cylindres sont placés à l'avant et, dans les machines à adhérence totale ou à quatre roues accouplées sur l'avant, ils le sont nécessairement s'ils se trouvent à l'extérieur, puisqu'ils doivent être placés en avant du premier essieu accouplé, leur attache sur les longerons ne permettant pas le passage de la bielle d'accouplement.

Dans les locomotives compound à quatre cylindres, les cylindres peuvent être tous placés à l'avant ou, deux par deux, à l'avant et au milieu.

La partie avant de la machine est tout indiquée pour servir d'emplacement aux cylindres ; il est avantageux que les tuyaux de vapeur passent dans la boîte à fumée et les tuyaux d'échappement doivent s'y rendre, ils seront donc à la fois plus courts et plus directs si les cylindres sont placés dans le voisinage de cette boîte. En outre, les cylindres, s'ils sont extérieurs, les

Digitized by Google

solides entretoises qui les relient s'ils sont extérieurs, constituent pour l'extrémité antérieure de la chaudière une assise et une attache des plus robustes.

La position des cylindres à l'avant est généralement la plus rationnelle et celle qui se prête le mieux à l'arrangement général du mécanisme et à la répartition, les cylindres faisant en partie équilibre à l'excédent de poids sur l'arrière dû à la présence de la boîte à feu. Quand le foyer est en porte à faux, cette disposition s'impose d'une manière absolue. Si au contraire le premier essieu n'est pas reporté à une grande distance en avant du centre de gravité et si le foyer plonge entre les deux essieux arrière, l'avant se trouve au contraire surchargé. Si le poids total de la locomotive est assez considérable pour assurer dans ces conditions un poids adhérent suffisant, on place alors un bogie à l'avant pour éviter une surcharge du premier essieu, si les essieux accouplés, placés à l'arrière, ne sont pas assez chargés, ou dans les locomotives à trois essieux accouplés et à adhérence totale offrant la disposition de foyer dont nous venons de parler, on place parfois un lest en fonte dans la plate-forme arrière, c'est le cas de la plupart des locomotives anglaises. Mais on peut, dans les machines à quatre roues accouplées sur l'arrière, éviter l'emploi du lest en plaçant les cylindres vers le milieu de la machine immédiatement en avant des roues accouplées, le dernier essieu étant alors moteur ; les cylindres sont alors nécessairement extérieurs, la présence du foyer ne permettant pas, entre les longerons, le passage des bielles motrices.

Cette disposition a été adoptée d'abord par Crampton pour ses machines à roues libres, puis appliquée à des locomotives à quatre roues accouplées sur l'arrière du *Grand Central belge*, de l'*Est* et du *Midi*. Toutes les locomotives express de la *Compagnie de l'Est* et toutes celles de la *Compagnie du Midi* qui ont été construites depuis 1877 et antérieurement à l'adoption des machines compound à quatre cylindres, appartiennent à ce type (fig. 12 à 15 et 26). On retrouve aussi cette disposition sur quelques locomotives express en Allemagne, mais on paraît y renoncer depuis quelques années ; elle n'a jamais été appliquée à une seule locomotive en Angleterre, sauf en ce qui concerne les compound du système Webb, ni aux États-Unis.

Un arrangement analogue a été appliqué aux locomotives à six roues accouplées et à bogie des *Chemins de fer de la Méditerranée* (Italie) ; les cylindres, extérieurs, sont placés entre les roues du truck et les roues accouplées avant (fig. 191).

Dans quelques machines très puissantes et très longues de l'*Etat belge*, les cylindres, bien qu'intérieurs, ne sont pas placés à l'extrême avant. Ainsi, dans les locomotives du type 6 (fig. 144, 145), ils sont situés immédiatement en avant du premier essieu accouplé, sous le corps cylindrique et en arrière

Digitized by Google

de l'essieu porteur à boîte radiale qui supporte la partie antérieure de la machine.

Dans les locomotives compound à trois ou à quatre cylindres, ceux-ci peuvent être placés de front à l'avant, mais il en résulte une surcharge en ce point qui conduit à placer un ou deux des cylindres à l'intérieur, sur l'avant, et deux autres à l'extérieur, vers le milieu ; les deux essieux accouplés sont alors placés à l'arrière et c'est le dernier essieu qui est attaqué par les bielles motrices des cylindres extérieurs, l'autre essieu accouplé est commandé par les cylindres intérieurs (compounds type *Nord*, *P.-L.-M.*, *Webb* (fig. 8, 19, 28, 98). Dans les machines de ce type à six roues accouplées et à bogie (*Etat badois*, *Midi*) (fig. 47), les cylindres intérieurs sont placés à l'avant, comme dans le type classique et les cylindres extérieurs sont situés un peu en arrière des premiers, entre les roues du bogie et les roues accouplées avant, qui sont actionnées directement par les cylindres intérieurs. Les cylindres extérieurs commandent l'essieu accouplé milieu.

Quoi qu'il en soit, il importe, pour améliorer la stabilité et diminuer l'attaque sur la voie, de donner aux cylindres le moindre porte à faux possible à l'avant. Un des avantages des cylindres intérieurs, dans les locomotives à trois essieux, consiste précisément en ce que l'on peut reculer les cylindres d'une plus grande quantité, jusqu'au premier essieu, tandis que, s'ils sont extérieurs, ils doivent forcément se trouver en avant des roues. Un des grands avantages du bogie consiste précisément en ce qu'il supprime totalement le porte à faux des cylindres placés, qu'ils soient intérieurs ou extérieurs, dans le sens longitudinal, entre les roues (fig. 17, 214 et suiv.). Ce desideratum est mieux encore réalisé quand les cylindres sont placés au milieu.

Pour supprimer le porte à faux des cylindres à l'avant, les Américains ont depuis longtemps l'habitude, dans celles de leurs locomotives qui ne sont pas à bogie, de placer en avant des cylindres, toujours extérieurs, un essieu porteur du type bissel empêchant aussi la surcharge du premier essieu accouplé (fig. 212). Toutes leurs locomotives à marchandises à six et huit roues accouplées, dites *Mogul* et *Consolidation*, sont ainsi disposées ; il n'y a pas, aux États-Unis, une seule locomotive de grande ligne qui ait les cylindres en porte à faux ; il est vrai que les voies sont en général assez légères, surtout étant donnés le poids et la puissance des machines. Les Américains emploient depuis quelques années un type de locomotives express à quatre roues accouplées comprises entre les deux essieux porteurs, d'un modèle dont le type est assez répandu en Europe, mais avec cette différence capitale que, les cylindres étant placés à l'avant par le travers de la boîte à fumée, les roues porteuses, appartenant à un truck bissel, sont placées à l'avant des cylindres (fig. 221, 223).

La position qu'occupent les cylindres dans le sens longitudinal n'a pas

Digitized by Google

d'effet sur l'amplitude des mouvements de lacet, l'entraxe de ces cylindres et par conséquent la distance à laquelle se trouvent, du plan médian de la machine, les organes animés de mouvement alternatif, restant invariables. Elle a au contraire une influence des plus marquées sur l'action des efforts sur les glissières qui tendent à soulever alternativement la machine et dont le moment est d'autant plus grand que ces forces sont appliquées plus loin du centre de gravité. Quand les cylindres sont placés vers le milieu, ce moment est minimum ; le mouvement de galop est à peu près nul et l'action des efforts sur les glissières se traduit par un simple mouvement de roulis, qui d'ailleurs existe aussi bien quand les cylindres sont à l'avant, et diminue à mesure que la vitesse augmente, les oscillations n'ayant plus le temps de se produire intégralement entre deux courses successives.

Les machines dont les cylindres, extérieurs, sont placés au centre, ont de ce fait un certain avantage, mais dont l'importance semble diminuer lorsque l'avant de la machine est très chargé et repose sur un bogie.

221. Entraxe des cylindres. — Il importe, autant que possible, de réduire au minimum l'écartement transversal des deux cylindres parce qu'on diminue en même temps la distance à laquelle ils se trouvent du plan longitudinal médian de la machine, et par conséquent l'importance des efforts perturbateurs.

Quand les cylindres sont extérieurs, l'entraxe est fixé par la distance séparant les milieux des tourillons moteurs ; aussi a-t-on soin, pour le diminuer, de placer de part et d'autre les têtes des bielles d'accouplement vers le dehors. Si le diamètre du cylindre, comme dans les locomotives compound, est trop considérable pour permettre de le loger ainsi, on entaille les longerons, ce qui d'ailleurs est nécessaire quand les boîtes à tiroir sont à l'intérieur. Normalement, cet écartement varie de 1,90 m. à 2,15 m.

Quand les châssis sont extérieurs l'entraxe des cylindres se trouve augmenté à tel point que ceux-ci ne pourraient s'inscrire dans le gabarit de la plupart des administrations; en outre le mouvement du lacet se trouverait accru dans une notable proportion. L'Autriche est le seul pays où l'on emploie, sur la voie normale, à la fois des cylindres et des châssis extérieurs, mais le gabarit est très large et les vitesses ne sont pas considérables.

Quand les cylindres sont intérieurs, leur entraxe peut varier entre des limites plus étendues.

Si les longerons sont intérieurs et les deux cylindres fondus d'une seule pièce, l'écartement minimum est égal au diamètre D augmenté de l'épaisseur e à la zone de contact, soit environ de 30 mm. Si les cylindres sont fondus séparément et rapportés, l'entraxe doit être égal à $D + 2e + 5$ mm. au moins. Pour des cylindres de 0,480 m. de diamètre, l'écartement d'axe

Digitized by Google

en axe ne peut descendre au-dessous de 0,510 m. dans le premier cas et de 0,535 m. dans le second. On peut cependant, à l'aide de quelques artifices, diminuer légèrement cet entraxe, par exemple en inclinant en sens inverse les axes des deux cylindres comme l'a fait M. Worsdell au *North Eastern* pour des locomotives compound à deux cylindres.

L'écartement minimum des cylindres est toutefois limité par la nécessité, lorsque la distribution est effectuée par des coulisses ordinaires, de ménager entre les bras des manivelles, au milieu de l'essieu coudé, la place nécessaire pour l'installation de quatre excentriques. Cet entraxe peut dont être réduit quand on emploie la distribution Walschaërt — deux excentriques en tout — ou surtout des distributions sans excentriques (*Ouest* Mach. 900 ; *Lancashire and Yorkshire*, etc.).

L'écartement maximum est limité par la nécessité de donner aux fusées, aux tourillons, aux bras des manivelles, une largeur suffisante. Dans les locomotives répondant aux conditions d'établissement usuelles aujourd'hui, cet écartement maximum ne peut guère dépasser 0,620 m.

Quand les longerons sont extérieurs, les fusées de l'essieu moteur le sont aussi et l'écartement des cylindres, d'axe en axe, peut être porté à 1,00 m. environ.

222. Équilibre des organes mobiles. — Conformément au programme que nous nous sommes imposé, nous ne reprendrons pas l'étude théorique des perturbations dues à l'inertie des organes du mécanisme, ni le calcul des contrepoids, ce sont là des questions classiques traitées depuis longtemps avec autorité et sur lesquelles il n'y a rien à dire de nouveau. Nous ne pouvons que renvoyer aux ouvrages qui ont donné de ce problème une analyse complète et exacte[1], nous contentant, pour le moment, d'en présenter un résumé, mais qui, en somme, renferme toutes les conclusions que l'on peut tirer de l'étude approfondie d'une question qui ne présente plus guère qu'un intérêt académique et d'où l'on ne peut espérer tirer aucun perfectionnement important.

223. Contrepoids. — Les roues des véhicules de chemins de fer doivent être parfaitement équilibrées de manière à ne présenter aucun *balourd*, c'est-à-dire de manière à se trouver en équilibre dans toutes les positions lorsque l'on monte les essieux sur les pointes d'un tour. S'il en est autrement, la roue, en tournant, exercera sur le rail, sous l'action de la force centrifuge, une pression verticale plus grande ou se trouvera au contraire soulagée d'une quantité égale, suivant que, dans le mouvement de rotation, le poids supplé-

[1] Et particulièrement à l'ouvrage de M. F. Couche.

Digitized by Google

mentaire existant d'un côté, se rapprochera du rail ou s'en écartera. Si le balourd est considérable, il peut en résulter successivement des surcharges du rail puis des soulèvements de la roue qui ne sont pas sans danger et risquent d'entraîner des ruptures de rails et des déraillements.

Or, les roues motrices et accouplées ne sont pas naturellement équilibrées, puisqu'elles sont solidaires des manivelles et de leurs boutons ainsi que des bielles d'accouplement et des têtes de bielles motrices qui peuvent être considérées comme des pièces soumises uniquement à un mouvement de rotation. On équilibre ces pièces par des contrepoids diamétralement opposés.

La locomotive est soumise par l'effet de l'inertie des organes du mécanisme : bielles motrices, pistons et leurs tiges, etc., à des perturbations spéciales appelées *mouvements de lacet* et de *recul*.

Un système mécanique ne peut modifier de lui-même la position de son centre de gravité. Si donc un certain nombre des organes constituant ce système se trouve déplacé sans l'intervention de forces extérieures, il sera nécessaire que la masse des autres organes se déplace d'une quantité proportionnelle pour que la position du centre de gravité du système ne se déplace pas. On conçoit donc que, pendant la marche, le mouvement alternatif et incessant des organes du mécanisme, ayant un poids assez considérable, entraînera un déplacement, également continuel, des autres parties de la locomotive, ayant pour effet de rétablir la position du centre de gravité de l'ensemble. Si les organes alternatifs étaient placés suivant le plan longitudinal médian de la locomotive, leur inertie ne donnerait naissance à aucun couple, toutes les forces en jeu se trouvant dans le plan contenant le centre de gravité du système : la machine ne subirait qu'un mouvement de *recul* alternatif sans effet sur la stabilité. Mais les organes moteurs ne sont pas placés dans l'axe de la locomotive; les cylindres sont situés de chaque côté, et comme leurs pistons ne se meuvent pas d'une manière corrélative, les manivelles étant calées à angle droit, il se forme à tout instant des couples de valeur variable qui tendent à faire tourner la locomotive autour de son centre de gravité, dans le plan horizontal, et à lui donner ce que l'on a appelé le mouvement de *lacet*. Cette action sera d'autant plus marquée que les axes des cylindres seront plus espacés, d'où, en principe, la stabilité plus grande des locomotives à cylindres intérieurs.

On pourrait équilibrer totalement les organes alternatifs à l'aide de contrepoids placés à l'opposé des manivelles et supprimer ainsi le mouvement de lacet qui a une tendance à fatiguer la voie. Mais, s'il en était ainsi, les roues ne seraient plus équilibrées autour de l'axe de rotation ; elles auraient un balourd considérable et les contrepoids alternatifs donneraient naissance à des forces verticales entraînant les graves inconvénients dont nous avons parlé plus haut. Aussi en général, prend-t-on un moyen terme, et

Digitized by Google

se contente-t-on d'équilibrer une assez faible fraction des organes alternatifs, le quart ou le tiers de leur poids par exemple. D'ailleurs, avec les machines modernes à grand empattement, à bogie, sans porte à faux, le mouvement de lacet est bien peu sensible et n'a plus les inconvénients qu'il présentait pour les machines des anciens types.

Le contrepoids placé sur la roue présente une masse égale à la combinaison des masses nécessaires pour l'équilibre des organes rotatifs et de la fraction choisie des organes alternatifs et se trouve dans une position qui est la résultante des actions de ces deux masses. Autrement dit, on réunit en un seul, convenablement placé, ces deux contrepoids de valeur inégale.

Le calcul des contrepoids est compliqué par ce fait que les masses à équilibrer se trouvent dans d'autres plans que ceux des roues sur lesquelles sont placés les contrepoids, surtout dans le cas où les essieux sont coudés, l'axe des manivelles pouvant être alors à une distance de 0,45 m. du plan médian des contrepoids.

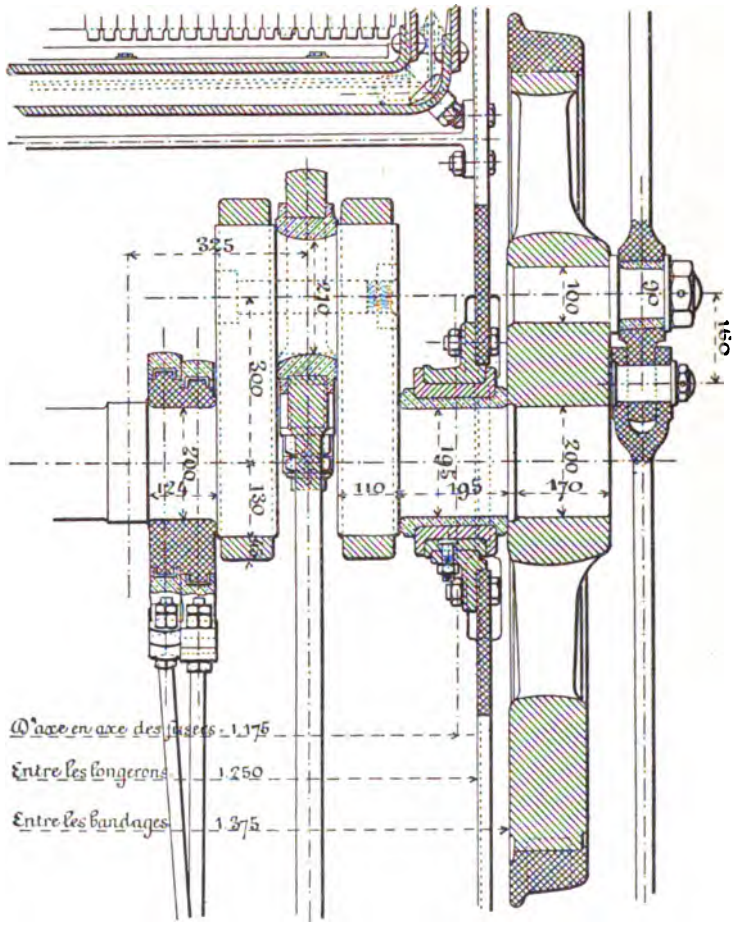


Fig. 264 *bis*. — Calage de manivelles d'accouplement dans le même sens que les manivelles motrices des locomotives de banlieue (série 3500 des *Chemins de fer de l'Ouest*).

Pour diminuer l'importance des contrepoids, dans les machines à cylindres intérieurs, on place les boutons d'accouplement à l'opposé des manivelles motrices. Cette disposition entraîne une fatigue et une ovalisation rapides des fusées de l'essieu moteur. Pour y remédier, les Compagnies de l'*Ouest* et de *Brighton* ont adopté le système inverse et calé les boutons d'accouplement dans le même sens que les manivelles motrices, comme

Digitized by Google

si les cylindres étaient extérieurs (fig. 426 *bis*). On a constaté certains avantages en ce qui concerne l'usure des coussinets, mais quelques inconvénients remarqués en service, etc., font peu à peu abandonner cette disposition.

Il y a longtemps déjà que l'on a eu l'idée d'équilibrer les locomotives en portant à trois ou à quatre le nombre des cylindres et en calant convenablement les manivelles. La crainte de la complication a d'abord empêché cette disposition de se répandre, mais le succès des locomotives compound à quatre cylindres en a montré le peu de fondement. Dans beaucoup de locomotives de ce type, cependant, les manivelles, pour des raisons particulières, ne sont pas calées dans la position la plus convenable pour réduire au minimum l'action des forces perturbatrices. Récemment, plusieurs applications de quatre cylindres ont été effectuées dans le seul but de supprimer, par l'emploi de quatre manivelles motrices, calées à 90° les unes des autres, le mouvement de lacet, sans profiter des avantages du système compound. Nous citerons en particulier la locomotive à quatre cylindres égaux, deux intérieurs et deux extérieurs, mis en service en 1896, sur le *Glasgow and S. W. Ry.*

224. Section des conduits et orifices de vapeur. — La détermination de la section des conduits de vapeur et des lumières du cylindre est soumise à des conditions contradictoires. D'une part, on a intérêt à donner à cette section une valeur aussi grande que possible afin de réduire au minimum les pertes de charge et le laminage de la vapeur à l'admission et à l'échappement, c'est-à-dire pour obtenir, dans des conditions de fonctionnement déterminées, une pression moyenne maximum sur le piston. D'autre part, il est intéressant de ne pas donner aux lumières une section trop considérable afin de ne pas augmenter outre mesure l'encombrement des boîtes à tiroir et surtout la course ou la surface des tiroirs et, par conséquent, le travail absorbé en pure perte par ces derniers. Ajoutons que, le plus souvent, on ne pourrait donner aux conduits de vapeur une section aussi grande qu'il serait nécessaire, surtout avec les cylindres intérieurs qui sont souvent resserrés.

Nous ne parlons pas des inconvénients dus à l'accroissement des espaces morts, la compression, dans les locomotives, pouvant être assez complète pour annuler leur action nuisible.

Le tableau ci-contre, renfermant les dimensions des cylindres et des lumières dans quelques machines de types connus, résume à ce point de vue la pratique moderne des différents pays.

La longueur des lumières d'admission et d'échappement est la même, elle varie entre les 0,60 et les 0,80 de diamètre du cylindre et va jusqu'au 0,90

Digitized by Google

DIMENSIONS DES LUMIÈRES ET ORIFICES DES CYLINDRES DE QUELQUES TYPES DE LOCOMOTIVES

DÉSIGNATION DES MACHINES	DIAMÈTRE et course des pistons.	HAUTEUR DES LUMIÈRES		LONGUEUR des lumières.
		d'admission.	d'échappement.	
	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.
Compagnie de l'Est. Machines express à 3 essieux, 543-562.	0,440 × 0,610	0,040	0,075	0,330
— — à bogie, type 800.	0,470 × 0,660	0,045	0,086	0,370
— — de banlieue, 705-742	0,460 × 0,600	0,042	0,090	0,330
— — à marchandises, type 1000.	0,470 × 0,650	0,046	0,090	0,380
Compagnie de Lyon. — à bogie, B, 111-400.	0,500 × 0,620	0,035	0,085	0,300
— — compound à bogie, C. 21-60.	0,340 × 0,620	0,036	0,080	0,240
	0,540 × 0,620	0,049	0,100	0,330
— Machines compound à 8 roues accouplées, 3211-3362.	0,360 × 0,650	0,040	0,060	0,240
	0,590 × 0,650	0,045	0,080	0,420
— Machines à 8 roues accouplées 4001-4159	0,540 × 0,660	0,045	0,080	0,360
Compagnie d'Orléans. Machines express, 77-86	0,440 × 0,650	0,035	0,060	0,340
— — 103	0,440 × 0,700	0,035	0,060	0,340
— Machines à marchandises à 6 roues accouplées, 942-996.	0,480 × 0,650	0,042	0,080	0,360
— Machine mixte, 1807-1831	0,480 × 0,600	0,040	0,070	0,360
		0,040	0,060	0,360
— Machines de banlieue, 2168-2200	0,450 × 0,450	0,035	0,060	0,340
Etat belge. Express à 4 roues accouplées, type 12.	0,500 × 0,600	0,032	0,064	0,380
Great Northern Ry. Express à roues libres.	0,457 × 0,711	0,038	0,089	0,356
Midland Ry. Express à roues libres	0,470 × 0,660	0,035	0,089	0,394
— Express à 4 roues accouplées.	0,457 × 0,660	0,041	0,089	0,343
London and S. W. Ry. Express à 4 roues accouplées.	0,483 × 0,660	0,035	0,076	0,406
North Eastern Ry. Express à 6 roues accouplées	0,508 × 0,660	0,051	0,101	0,381
Caledonian Ry. Express à 6 roues accouplées.	0,457 × 0,660	0,041	0,083	0,406
Méditerranée (Italie). Express à 4 roues accouplées	0,450 × 0,620	0,035	0,065	0,300
Gothard. Machines à 6 roues accouplées.	0,480 × 0,640	0,030	0,060	0,380
New-York Central. Express à 4 roues accouplées	0,483 × 0,610	0,032	0,070	0,457
Lake Shore. Express à 4 roues accouplées	0,430 × 0,610	0,041	0,076	0,406
Old Colony. Express à 4 roues accouplées	0,457 × 0,610	0,029	0,076	0,457
Great Northern RR. Machines à 6 roues accouplées	0,483 × 0,660	0,041	0,076	0,470
Illinois Central. Consolidation.	0,523 × 0,610	0,032	0,063	0,457
Duluth and Iron Range. 8 roues accouplées à bogie	0,557 × 0,660	0,032	0,076	0,457
Eric RR. 10 roues accouplées	0,686 × 0,740	0,051	0,203	0,723
				Tiroirs cylindriques.
Pensylvania. Express à 4 roues accouplées.	0,470 × 0,610	0,032	0,076	0,438

Digitized by Google

sur quelques locomotives américaines. On donne d'ailleurs à la longueur de ces lumières une valeur aussi grande que possible afin de réduire leur largeur et par conséquent la course du tiroir. La largeur des lumières d'admission varie de 0,032 m. à 0,045 m.; elle s'abaisse parfois exceptionnellement à 0,030 m. et s'élève jusqu'à 0,051 comme dans les nouvelles express du *North Eastern* (classe Q_1). La largeur des lumières d'échappement est à peu près double de celle des orifices d'admission et varie de 0,060 m. à 0,080 (exceptionnellement à 0,101 m. pour les locomotives citées ci-dessous) et jusqu'à 0,100 m. pour les grands cylindres des locomotives compound.

On n'a pas intérêt à donner aux tuyaux de vapeur une section trop considérable d'autant plus que cette section est toujours notablement supérieure à celle des orifices du régulateur. En outre cette section, toujours entièrement disponible, peut être inférieure à celle des lumières d'admission qui se trouvent partiellement fermées pendant presque toute la période d'introduction et n'ouvrent même jamais en grand quand les coulisses sont relevées pour la marche en vitesse. En réduisant au strict nécessaire le diamètre des tuyaux de vapeur, on diminue le poids et la surface exposée au refroidissement extérieur si les tuyaux sont placés au dehors.

On constate à ce point de vue d'assez grandes variations dans les proportions des locomotives construites en France où le rapport de la section du tuyau de vapeur à celle du cylindre varie de 1/10 à 1/20. Dans les machines anglaises ce rapport est rarement supérieur à 1/19. En général on peut admettre qu'un tuyau de 0,09 m. à 0,10 m. est suffisant, aux pressions usuelles aujourd'hui, pour alimenter les plus grands cylindres de locomotives en usage. Le tuyau placé dans la chaudière, quand le régulateur est à col de cygne, et commun aux deux cylindres n'a pas nécessairement une section double de celle des tuyaux placés dans la boîte à fumée ou au dehors et aboutissant à chaque cylindre. On donne ordinairement à ce tuyau un diamètre variant de 0,100 m. à 0,150 m.; le diamètre de 0,130 m. paraît suffisant pour les plus fortes machines.

La section du tuyau d'échappement doit être suffisamment grande pour ne pas gêner l'évacuation de la vapeur lors de la marche à grande vitesse et ne pas créeer devant le piston une contre-pression nuisible à la fois au rendement et à la vitesse. La section de ce conduit est ordinairement comprise entre les 1/7 et les 1/14 de la section du cylindre.

225. Longueur des bielles motrices. — On sait que, dans les machines à vapeur en général, on considère que la longueur de la bielle doit être égale au minimum à cinq fois le rayon de la manivelle bien que, pour les machines marines, plus ramassées, on se contente le plus souvent d'un rap-

Digitized by Google

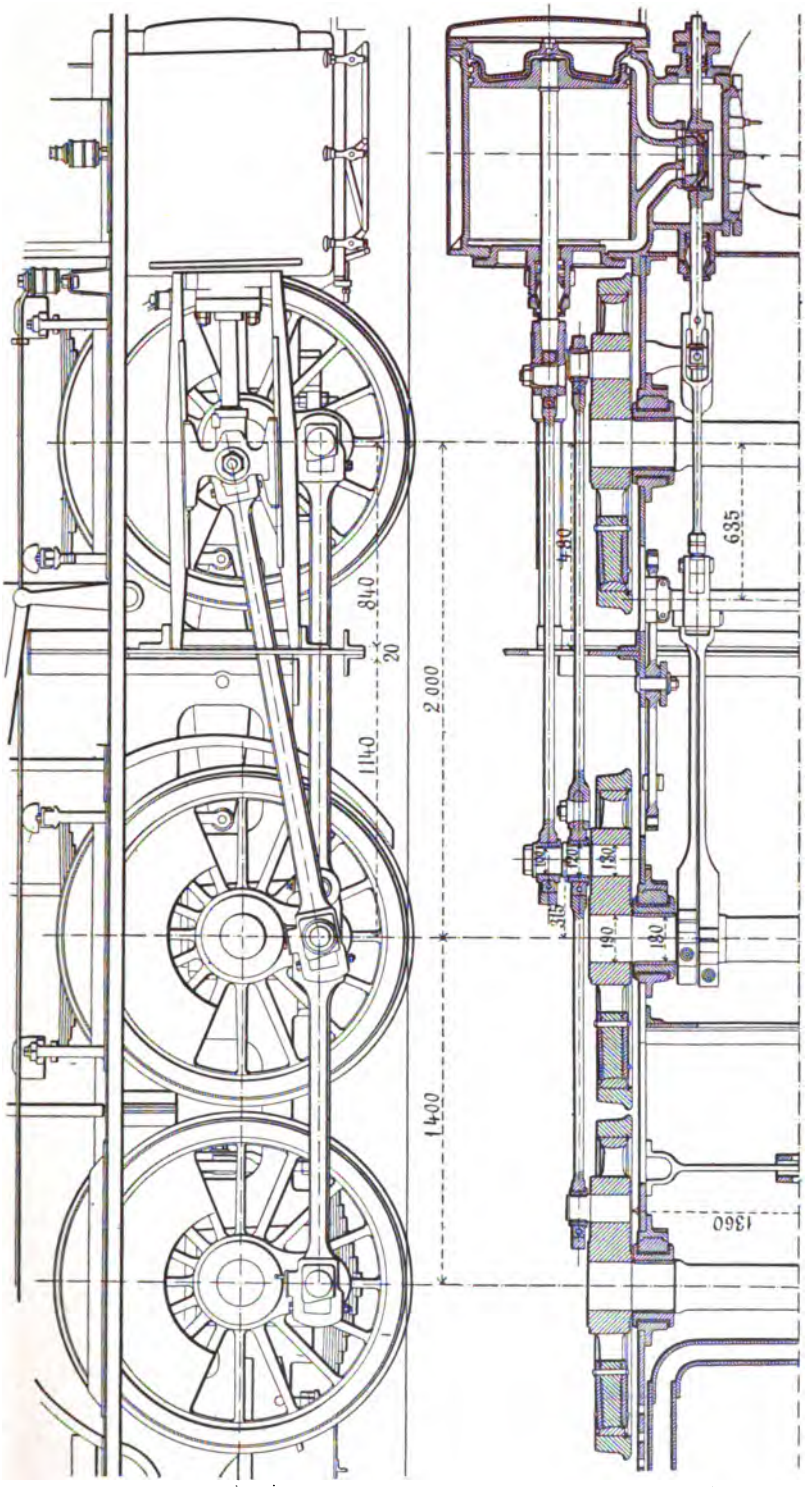


Fig. 427. — Mécanisme des locomotives compound à six roues accouplées de l'*État prussien*. Cylindres extérieurs ; boîtes à tiroir et distribution intérieures.

Digitized by Google

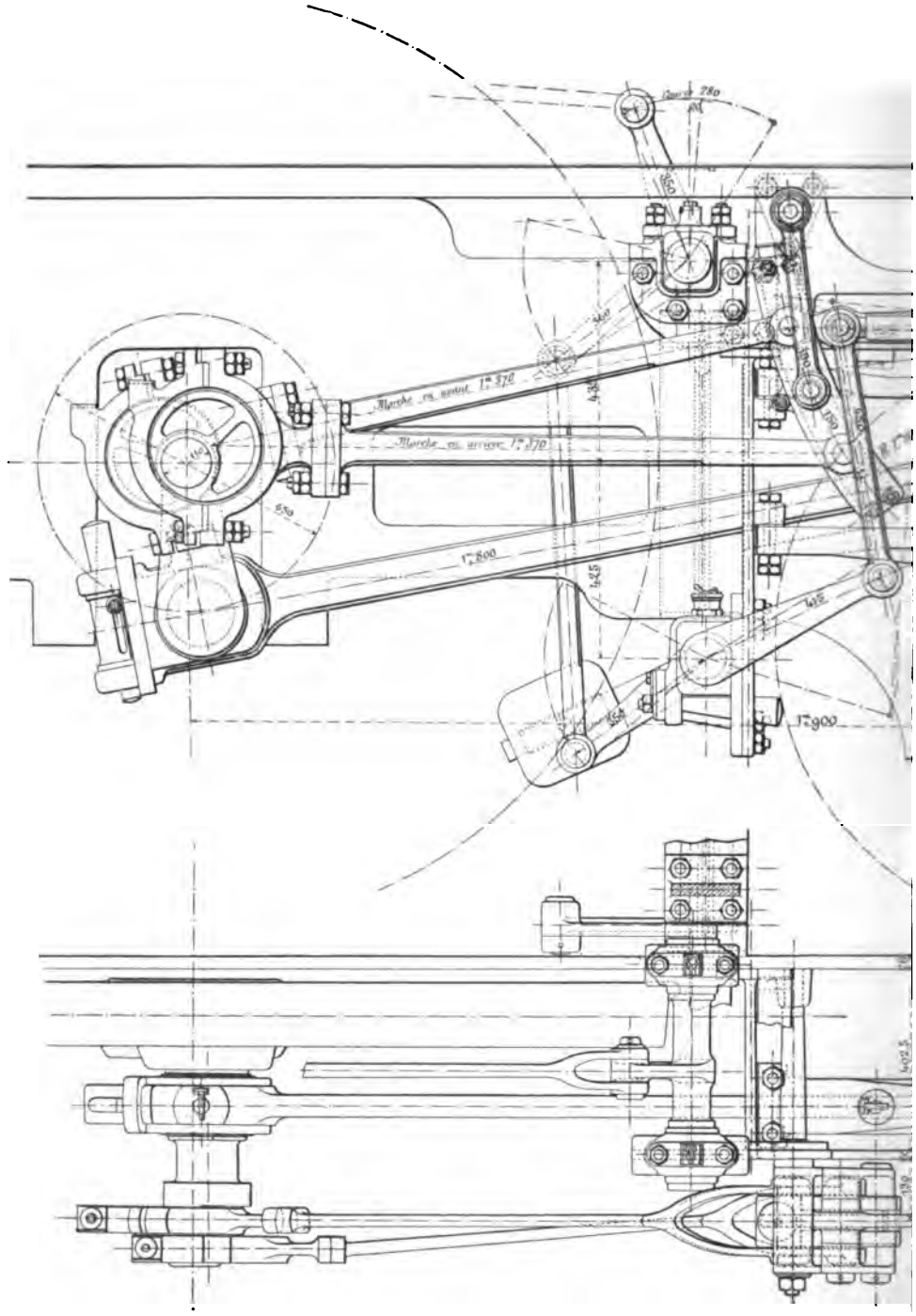
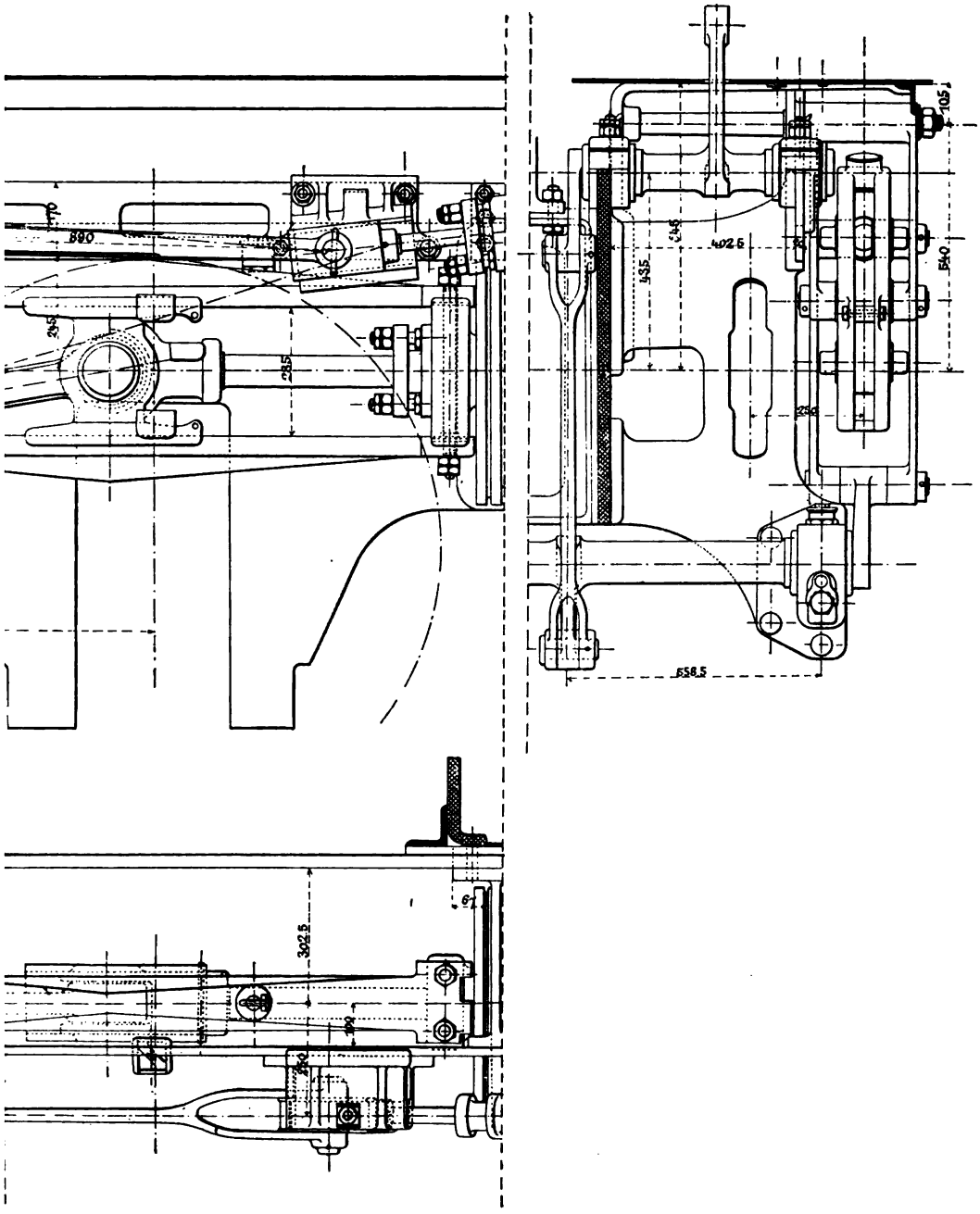


Fig. 428. — Mécanisme, entièrement extérieur, des locomotives à grande vitesse (séries 77-86

port de 3, 8 à 4. Les locomotives se trouvent, par la force même des choses,

Digitized by Google

dans de meilleures conditions, la longueur de leurs bielles étant presque toujours déterminée par des considérations étrangères au fonctionnement même



265-400) du *Chemin de fer d'Orléans*. Coulisses de Gooch commandant directement des tiroirs inclinés.

de la machine et résultant de l'arrangement général et du diamètre des roues;

Digitized by Google

bien plus, on est parfois amené à leur donner une longueur excessive. C'est incontestablement une bonne chose, au point de vue du rendement mécani-

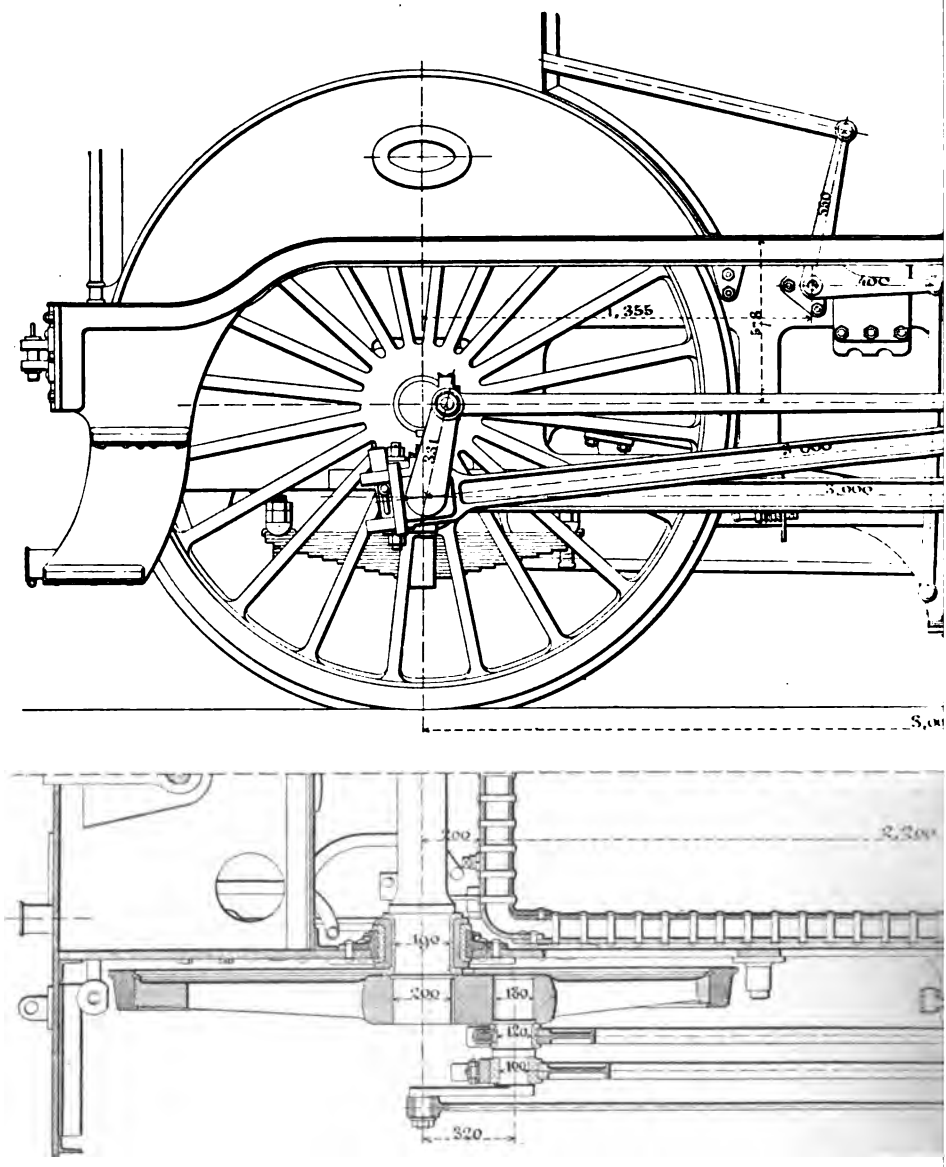
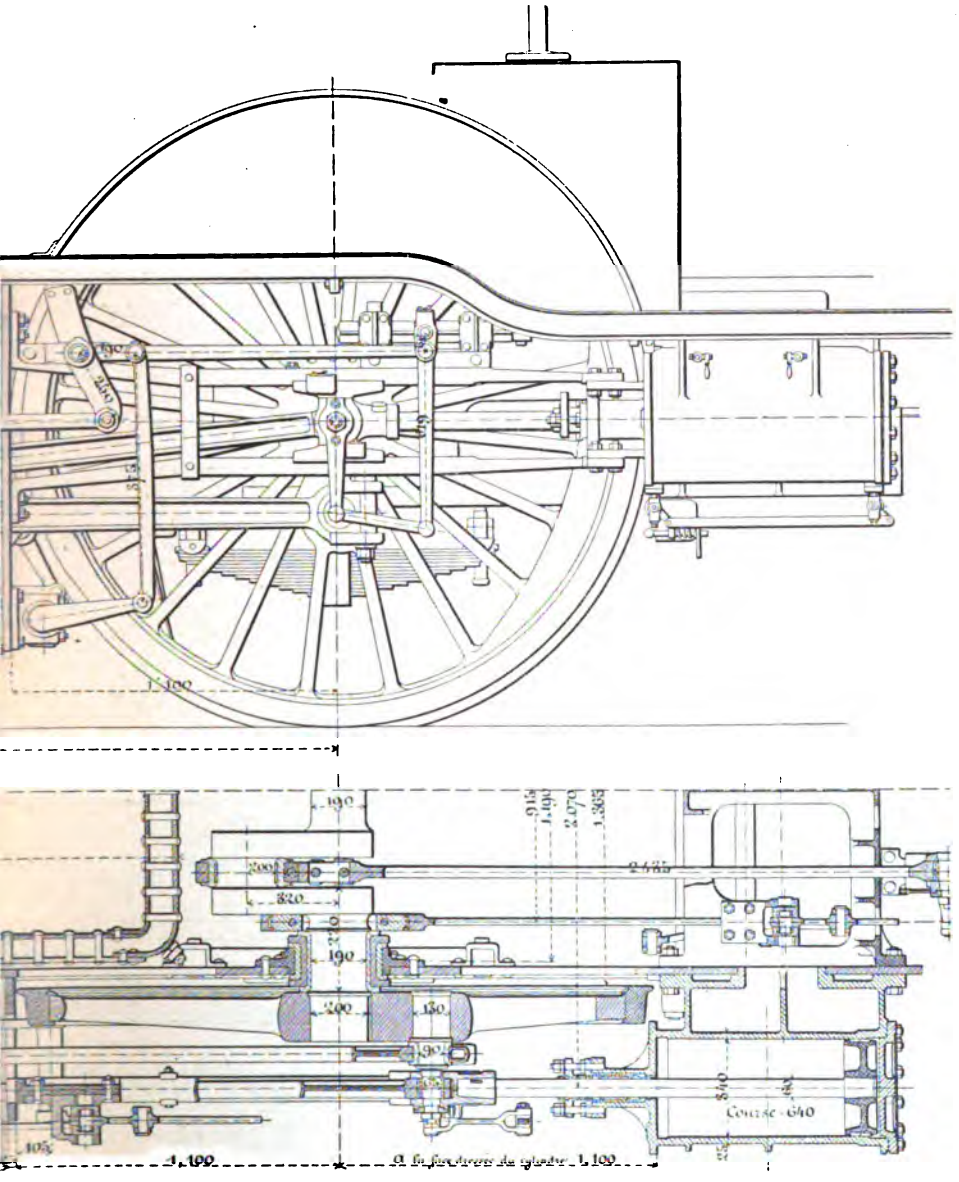


Fig. 429. — Mécanisme extérieur (cylindres à haute pression) des locomotives de constructions mécaniques. Distribution du type

que, de donner aux bielles une grande longueur, quoique, passé une certaine limite — de 6 à 7 fois le rayon de la manivelle — on ne gagne presque rien, mais cela entraîne une augmentation de poids et, la bielle constituant un des organes alternatifs, un accroissement des efforts parasites. En outre

Digitized by Google

les trop grandes bielles, si robustes qu'on puisse les faire, ont une tendance à fouetter, aux vitesses qu'atteignent les locomotives.



ompound à grande vitesse du *Chemin de fer du Nord* (série 2121-2157). Société alsacienne Walschaërt ; bielles fortement évidées ; mécanisme fort léger.

Dans les locomotives à cylindres intérieurs et dans les machines à quatre roues accouplées ou à six roues accouplées de petit diamètre, dans lesquelles l'essieu moteur est au milieu (fig. 427, 428, 435 à 448), la longueur de la bielle varie entre 1,75 m. et 2,10 m., soit de 5 à 6,5 fois le rayon de la

Digitized by Google

manivelle. Dans les machines à quatre essieux accouplés dont le troisième essieu est moteur (fig. 430), la longueur des bielles peut atteindre 2,70 m., soit 8 fois le rayon de la manivelle. Les locomotives qui ont les bielles les plus longues, sont les machines express à quatre roues accouplées sur l'arrière dont les cylindres extérieurs, placés au centre, devant les roues accouplées, commandent l'essieu arrière (fig. 429, 432, 434). Quand ces roues ont un diamètre égal ou supérieur à 2,00 m. et sont très espacées, la longueur de la bielle motrice peut aller jusqu'à 3,00 m. (2,83 m. mach. de l'*Est*, type 800; 3,00 m. locomotives compound du *Nord*, 2121-2160), ce qui correspond à un rapport de 10. On peut, pour réduire cette longueur, allonger la tige du piston et augmenter la distance séparant, à fond de course, la crosse du fond du cylindre, mais cet allongement est nécessairement limité.

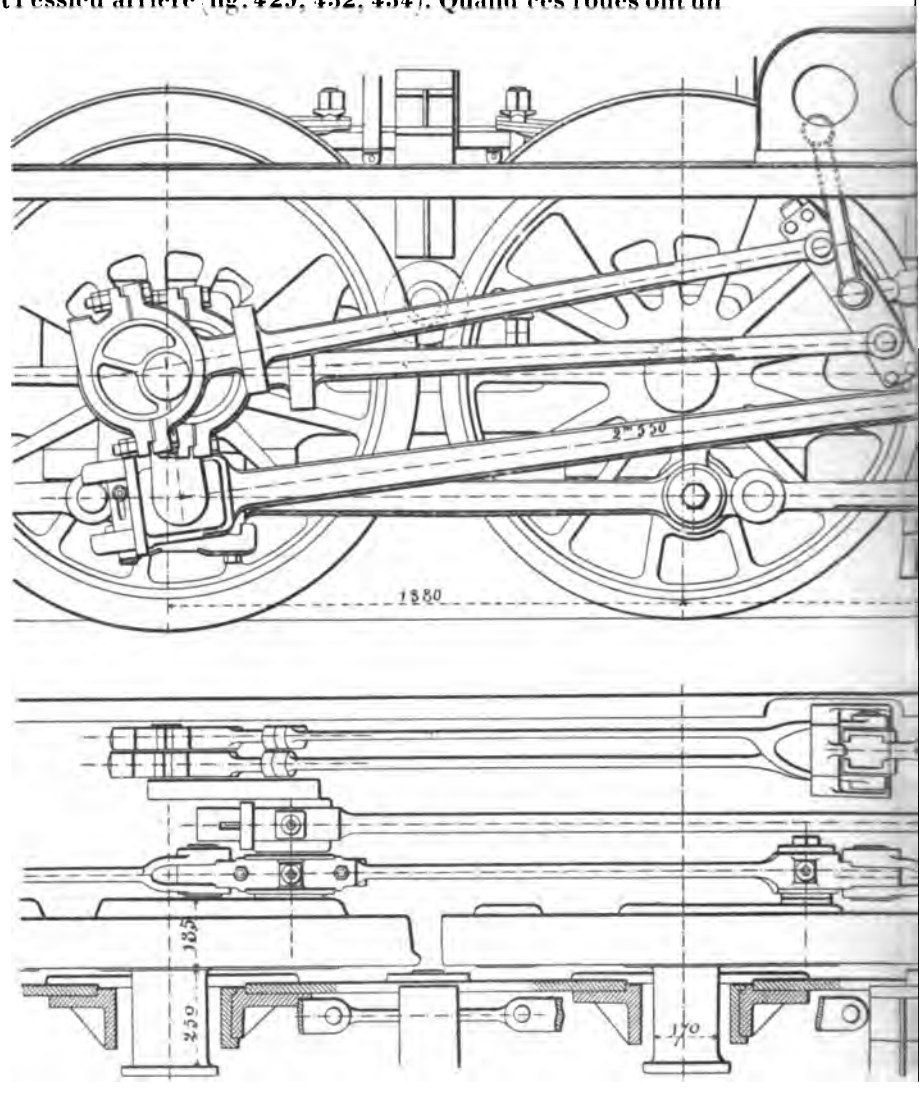
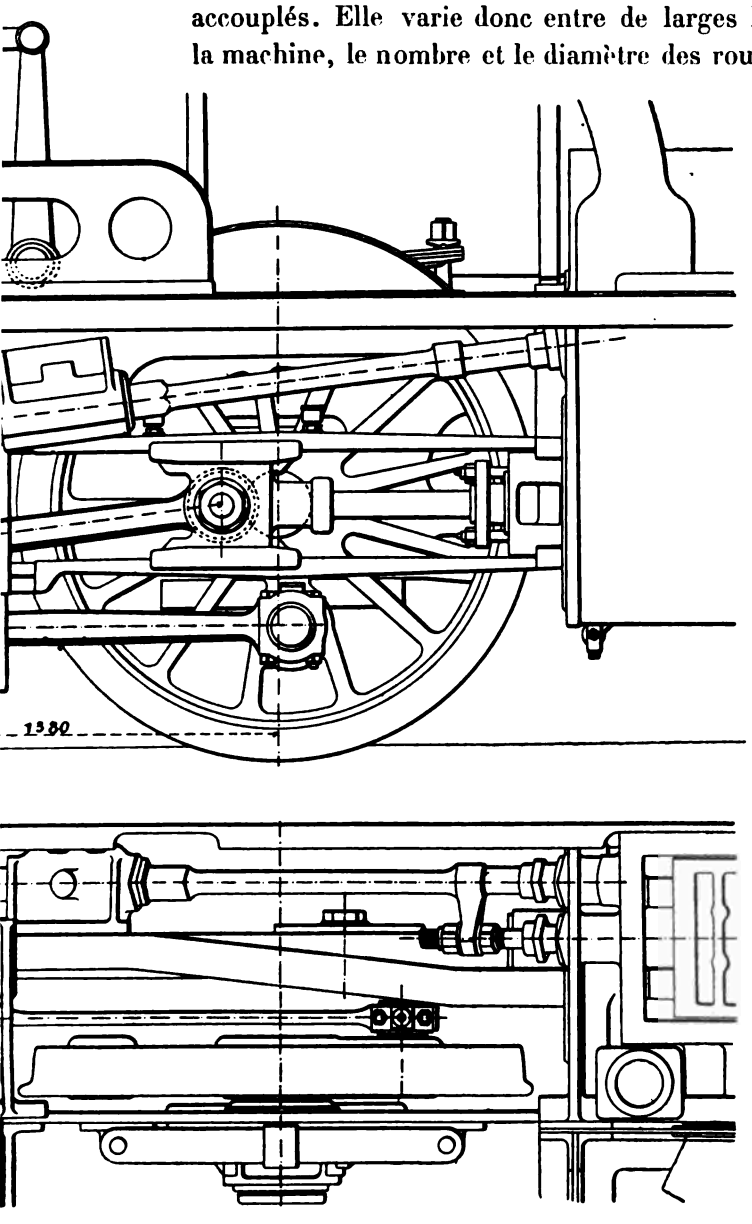


Fig. 430. — Mécanisme, entièrement extérieur, des locomotives à huit roues
Distribution par coulisses de Stephenson commandan

M. Webb, dans ses locomotives compound à trois cylindres, a eu recours à cet expédient pour les mécanismes extérieurs. La partie extérieure de la tige du piston, qui ne rentre pas dans le presse-étoupes, a reçu un diamètre plus fort que la portion antérieure en vue d'accroître sa raideur.

Digitized by Google

226. Longueur des bielles d'accouplement. — La longueur de ces bielles est déterminée par la distance séparant les axes des deux essieux consécutifs accouplés. Elle varie donc entre de larges limites selon l'empattement de la machine, le nombre et le diamètre des roues accouplées. On a longtemps admis que la longueur des bielles d'accouplement ne devaient pas dépasser 2,60 m., environ, ce qui a limité l'allongement des foyers profonds dans les machines à quatre roues accouplées sur l'arrière et a amené, dans certains cas, lorsqu'il était nécessaire d'augmenter la surface de grille, la création ou le développement de machines appartenant à des types spéciaux dans lesquelles la boîte à feu se trouvait placée à l'arrière de l'essieu accouplé ou moteur (machines à quatre roues accouplées sur l'avant ou encadrées entre deux essieux porteurs).



couplées du *Chemin de fer du Nord* (séries 4008-4045 ; 4636-4745).
s fausses tiges déportées.

On craignait qu'en allongeant davantage ces bielles, elles ne viennent à subir, sous l'action de la force centrifuge qui se développe lorsqu'elles sont en mouvement, des efforts de flexion exagérés dans le plan vertical, auxquels on ne saurait parer qu'en leur donnant un poids excessif entraînant d'ailleurs lui-même un accroissement de cet effort transversal. Toutefois, quand la nécessité a imposé de passer outre pour permettre le développement des machines que les exigences du trafic rendaient impérieux, on a reconnu que cette prudence était excessive et qu'il était possible d'écarter encore notablement les essieux

Digitized by Google

accouplés sans courir aucun risque. L'emploi des bielles évidées, beaucoup plus légères que les bielles pleines autrefois seules en usage, a d'ailleurs facilité cette extension.

L'accroissement de poids des bielles d'accouplement n'avait pas d'ailleurs, au point de vue de la stabilité, les mêmes inconvénients que celui des bielles motrices puisque ces organes sont rotatifs et peuvent être complètement équilibrés par les contrepoids.

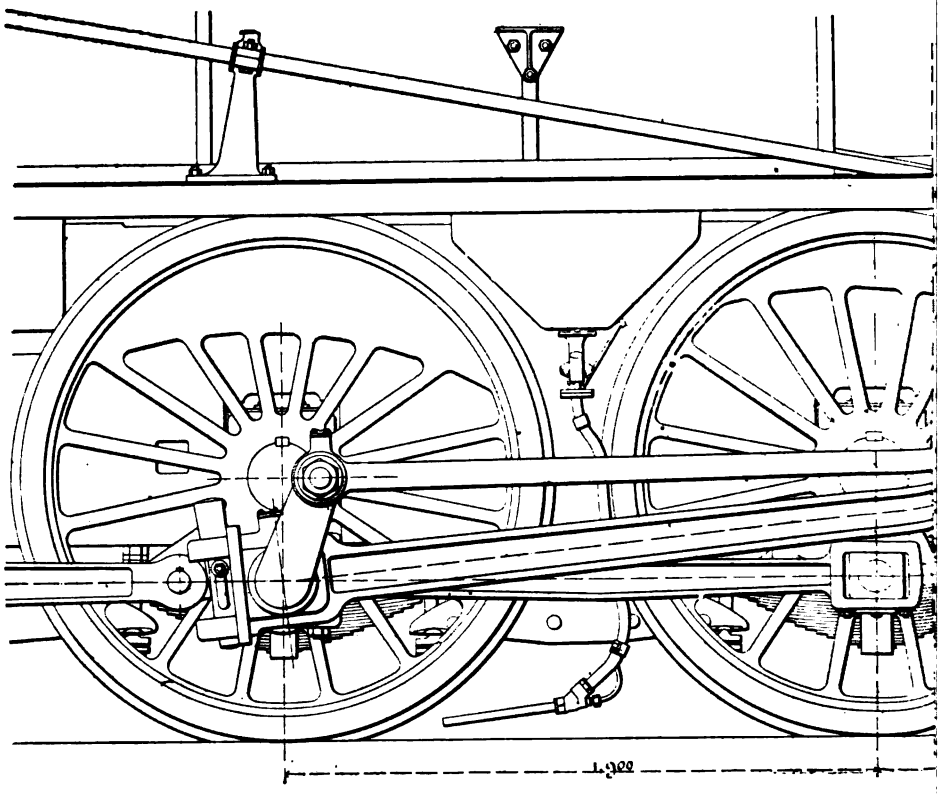


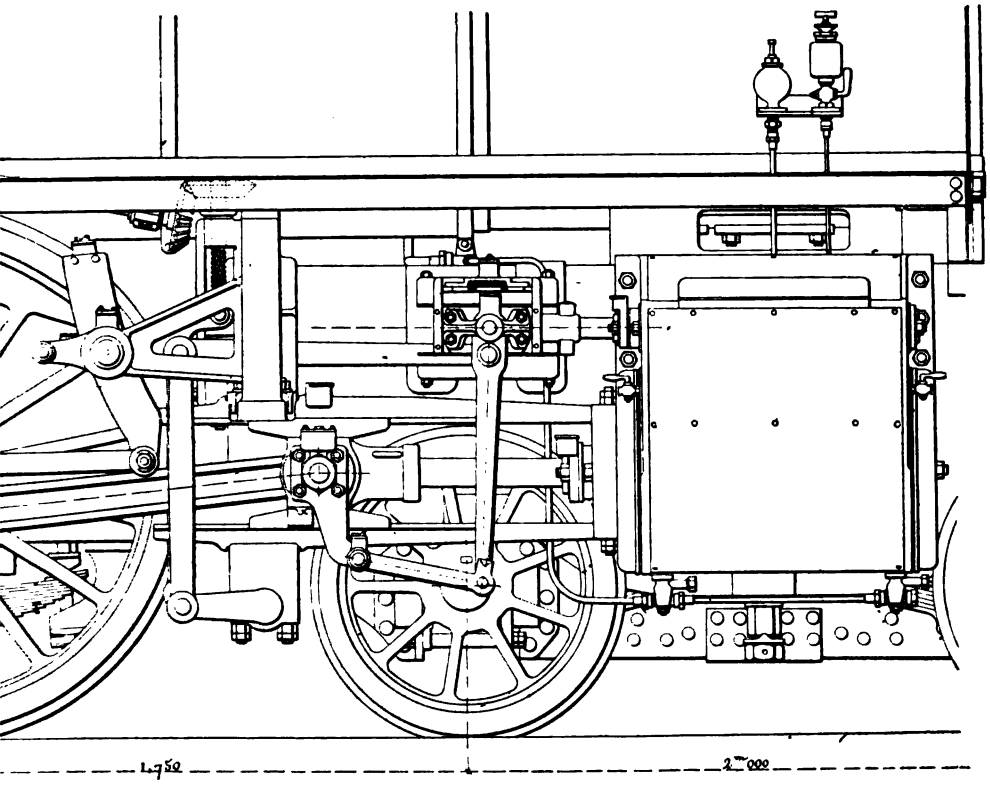
Fig. 431. — Mécanisme des locomotives à six roues accouplées et à bogie (séri
bielles motrices et d'accouplemen

Vers 1884, le *North British Ry* mit en service des locomotives à bogie ayant des bielles d'accouplement de 1,981 m. (fig. 116) ; il fut peu après suivi par le *Caledonian Ry* et plusieurs autres réseaux en Angleterre. En France, la Compagnie de l'*Ouest* adopta la cote de 2,70 m. pour ses express du type 1888 (fig. 3), puis de 2,90 m. pour ses machines à bogie (série 963-990) (fig. 4). Les express compound du *Nord* et du *Midi* (fig. 7, 28, 429) et les machines à grande vitesse de la Compagnie de l'*Est* (série 800) (fig. 14 et 434) ont des bielles d'accouplement de 3 m., les plus longues, croyons-nous, qui existent. La locomotives de la Compagnie *P.-L.-M.* (série B. 111,

Digitized by Google

400) (fig. 18), résultant de la transformation, en machines à bogie, des locomotives express du type de 1879, ont des bielles d'accouplement de 2,97 m. de longueur.

227. Rayon des manivelles d'accouplement. — Quand les cylindres sont extérieurs, le rayon des manivelles d'accouplement est forcément égal à celui des manivelles motrices, soit à la demi-course du piston, mais quand les



)1-2304) des *Chemins de fer de l'Ouest*. Distribution extérieure du type Walschaërt; dées et très légères pour leur longueur.

cylindres sont intérieurs, ce rayon peut être quelconque. En lui donnant une faible valeur, on réduit la vitesse de la bielle et les effets que peut avoir la force centrifuge, mais on augmente les efforts longitudinaux de poussée et de traction alternatifs (l'effort tangentiel étant inversement proportionnel au rayon) et, par conséquent, la fatigue des boutons d'accouplement et leur usure. La plupart du temps, on donne aux manivelles d'accouplement un rayon très sensiblement égal à la demi-course des pistons, parfois un peu supérieur (*Ouest*, mach. à bogie 963-990 : rayon d'accouplement 0,350 m., rayon des manivelles motrices, 0,330 m.), parfois un peu inférieur

Digitized by Google

(la plupart des machines anglaises ; *Est*, mach. de banlieue et séries 1 000 et 3 000, rayon d'accouplement : 0,300 m., rayon des manivelles motrices : 0,325 m.).

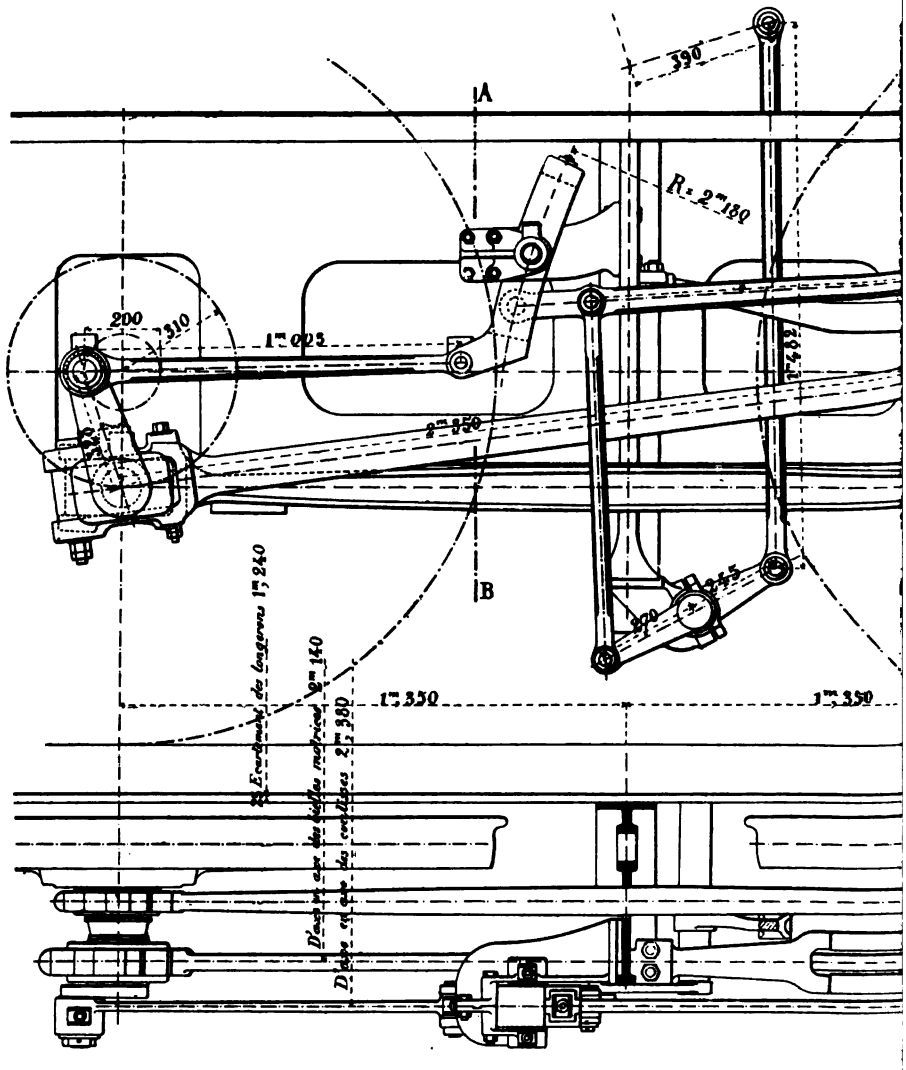
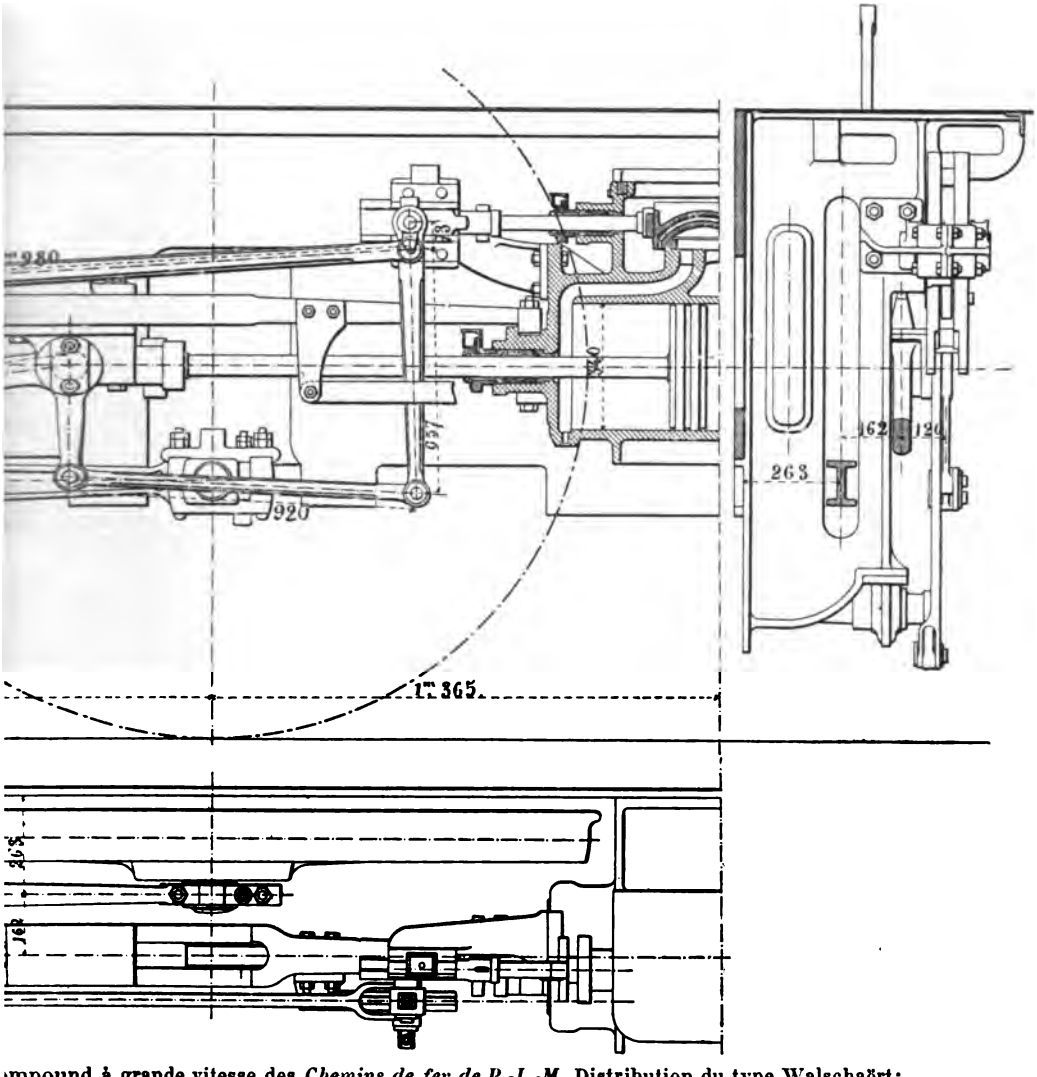


Fig. 432. — Mécanisme extérieur (cylindres à haute pression) des locomotiv
glissières d'un ty

228. Mécanismes intérieurs et extérieurs. — Que les cylindres soient placés entre les longerons ou au dehors, le mécanisme de distribution peut être disposé à l'extérieur ou à l'intérieur. Dans toutes les locomotives anglaises (73 à 124 ; 442 à 447) ou américaines (fig. 213 à 250, 436) et dans celles de l'*État belge* (fig. 139 à 147 et 440), dans la plupart des machines allemandes (fig. 163, 427) le mécanisme de distribution est placé à l'intérieur, quelle que

Digitized by Google

soit la position des cylindres par rapport aux longerons. En France, le mécanisme de distribution est placé à l'intérieur dans la plupart des locomotives à cylindres intérieurs (fig. 4, 5, 37, 438, 439) ; cependant il est



mpound à grande vitesse des *Chemins de fer de P.-L.-M.* Distribution du type Walschaërt;
écial avec crosses très légères.

reporté au dehors dans les anciennes machines express et à marchandises de la *Compagnie de l'Ouest* (fig. 3), dans quelques très anciennes locomotives de la *Compagnie d'Orléans* et dans trois nouvelles machines à grande vitesse (101-103) (fig. 24) construites vers 1889. Dans les machines à cylindres extérieurs; il est lui-même soit intérieur (*P.-L.-M.*, types Bourbonnais, 111-400 (fig. 17, 36), etc.; *Est*, mach. 0,250-0,478; *Midi*, mach.

Digitized by Google

801-1063), soit extérieur (*Ouest*, mach., type 2 000; *P.-O.*, la presque totalité des machines (fig. 23, 428); *Etat* et *Midi*, toutes les machines express (fig. 26, 30), dans les locomotives à six roues accouplées et toujours extérieur dans les machines à huit roues accouplées (fig. 50 à 57, 430), etc.

En somme, les mécanismes de distribution extérieurs appartiennent à une disposition essentiellement française que même l'on ne retrouve guère à l'étranger que dans des pays où nos constructeurs l'ont introduite autrefois. Ils dérivent d'ailleurs des machines Crampton qui ont eu longtemps sur la pratique de notre pays une très grande influence.

Le type de distribution adopté n'est pas d'ailleurs sans influence sur la position qui lui est donnée; les distributions par coulisses de Stephenson, de Gooch ou d'Allan peuvent être indifféremment placées à l'inverse des cylindres (fig. 427, 435), mais les distributions Walschaërt et Joy dont le mouvement est, soit partiellement, soit entièrement dérivé, de la tige de piston ou de la bielle motrice, doivent forcément être placées du même côté des longerons que les cylindres. Ainsi, toutes les machines à distribution Walschaërt à cylindres extérieurs auront aussi le petit mouvement à l'extérieur et inversement (fig. 429, 431, 432, 433, 437, 439, 440).

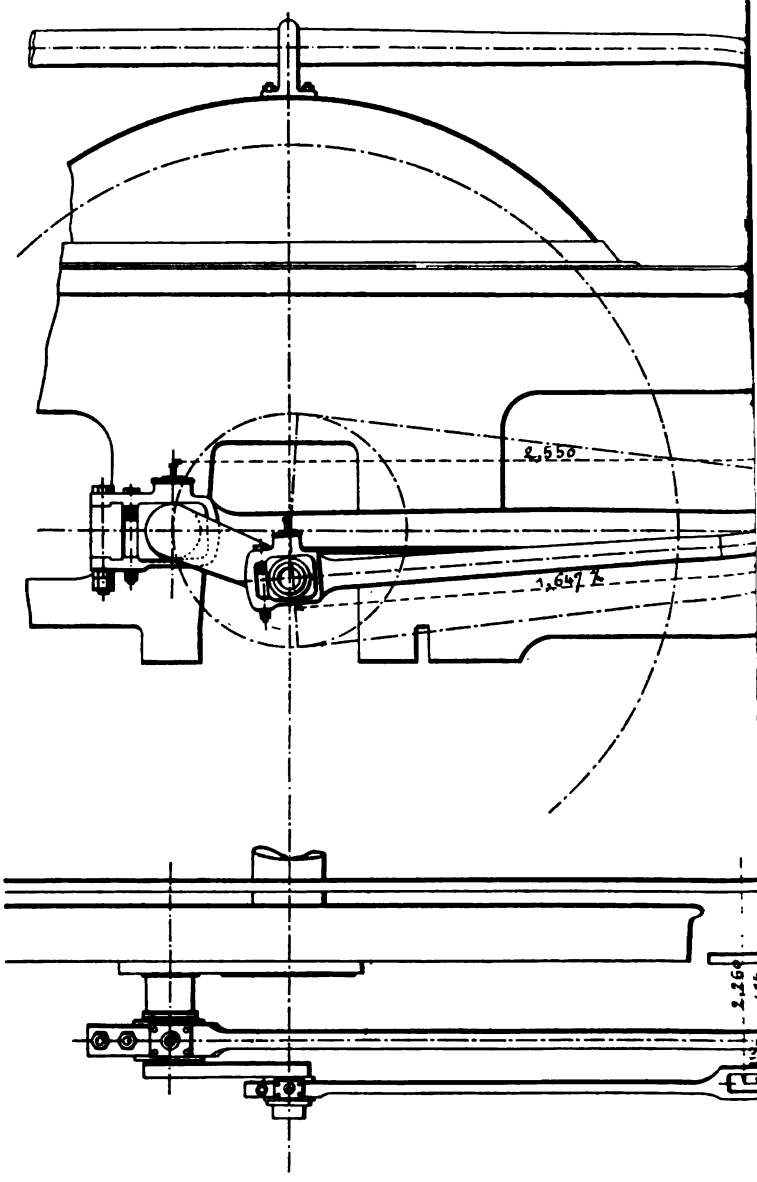
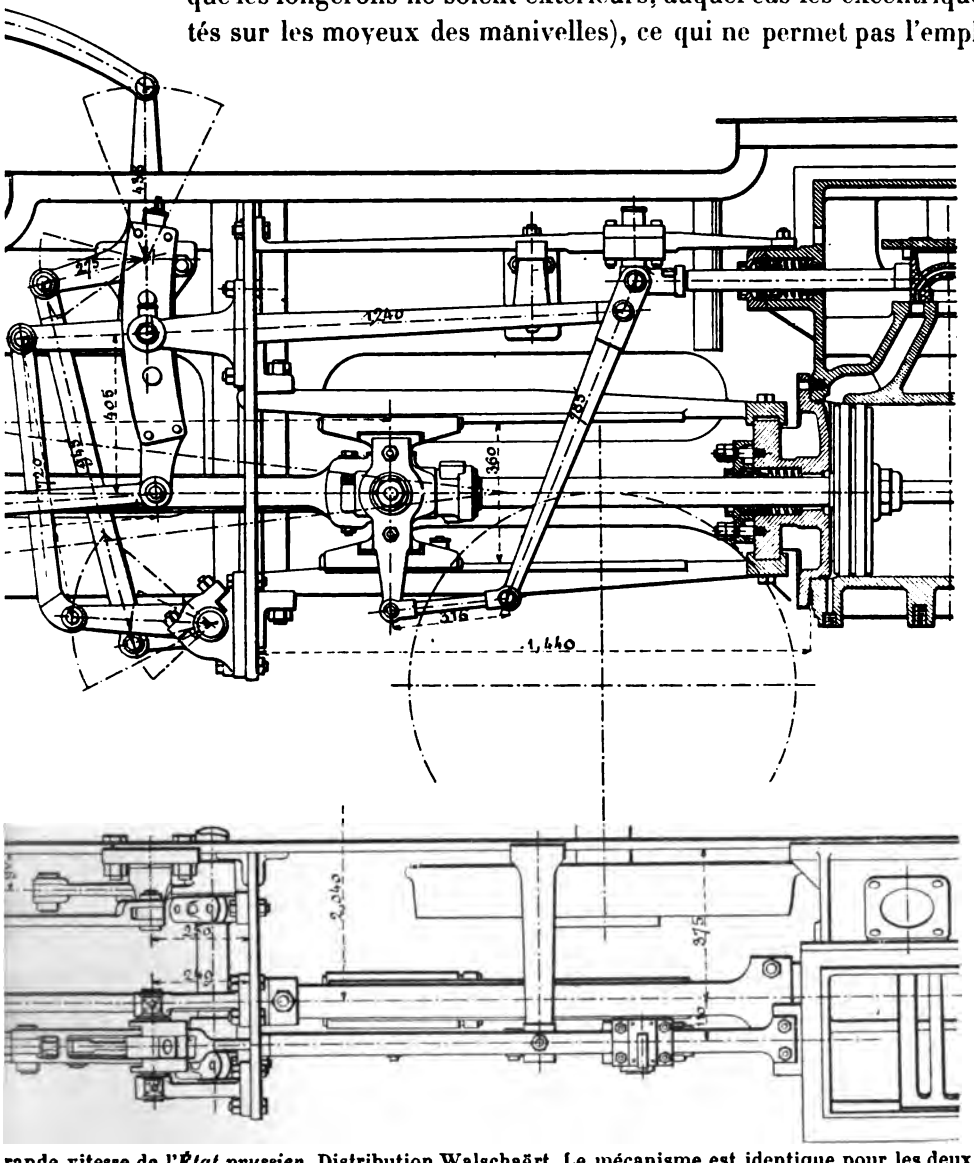


Fig. 433. — Mécanisme, entièrement extérieur, des locomotives compound côtés, bien que le diamètre des cylindres de droite et de gauche soit tr représente le mouvement correspondant au cylindre à haute pression.

Digitized by Google

Les distributions extérieures ont cet avantage d'être facilement accessibles du dehors, mais elles sont plus exposées et entraînent l'addition de contre-manivelles montées sur le bouton d'accouplement des roues motrices (à moins que les longerons ne soient extérieurs, auquel cas les excentriques sont montés sur les moyeux des manivelles), ce qui ne permet pas l'emploi si avanta-



rande vitesse de l'*État prussien*. Distribution Walschaërt. Le mécanisme est identique pour les deux
ifférent, ce qui explique l'écartement des tiges de tiroir et de piston dans la figure ci-dessus qui

geux et si simple des bielles d'accouplement à bagues. L'addition à l'extérieur des organes assez complexes de la distribution enlève en outre un peu d'élégance aux machines.

Digitized by Google

D'ailleurs, nous l'avons dit, les machines peuvent être disposées en vue de faciliter l'accessibilité des organes intérieurs du mécanisme, les locomotives anglaises sont remarquables sous ces rapport. Dans les locomotives à grande vitesse et à bogie de la *Compagnie de l'Ouest*, le mécanisme de distribution, qui est intérieur, a été modifié de telle sorte que toutes les articulations soient placées en avant des roues motrices afin d'être parfaitement accessibles du dehors (fig. 439) ; on a même supprimé les excentriques, le mouvement de la coulisse étant dérivé de la bielle motrice.

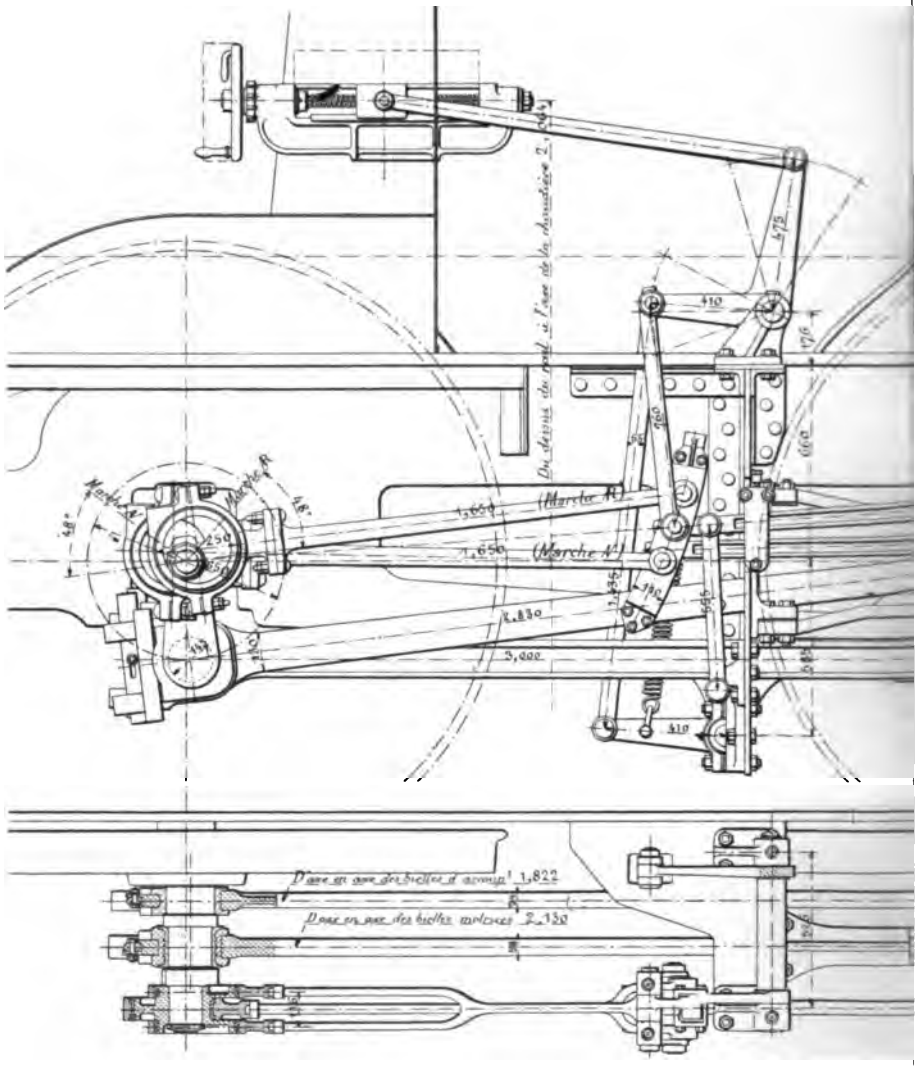


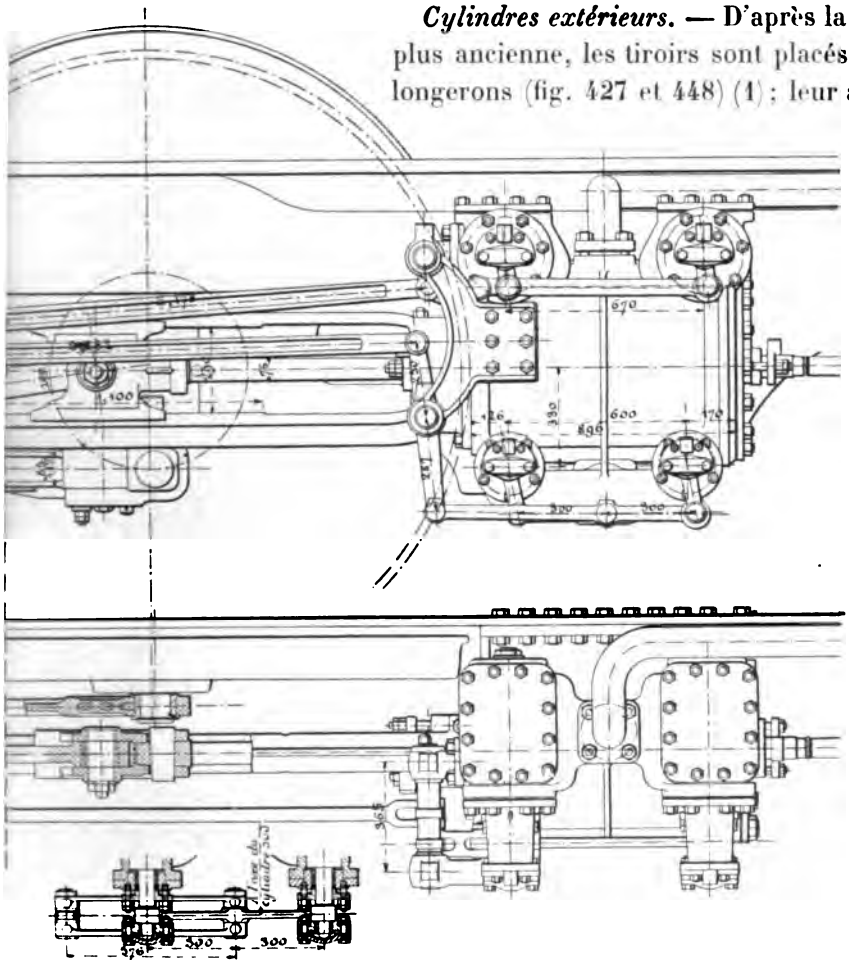
Fig. 434. — Mécanisme, entièrement extérieur, des locomotives à grande vitesse (Mac
à quatre obturateurs du systè

Dans les locomotives à huit roues accouplées (et à six roues accouplées si les cylindres sont extérieurs), le mécanisme intérieur est peu avantageux et assez difficile à installer. Les barres d'excentriques ou les bielles des tiroirs doivent être cintrées pour éviter l'essieu avant. Cette disposition est cependant adoptée pour toutes les locomotives allemandes et américaines

Digitized by Google

à quatre essieux accouplés (fig. 174 à 176; 226 à 250) et pour les machines italiennes (fig. 192).

229. Position des boîtes à tiroirs. — Les boîtes à tiroirs peuvent occuper, par rapport aux cylindres, des positions très variées suivant la disposition générale du mécanisme, et selon l'espace disponible. Nous considérerons séparément le cas des cylindres extérieurs et intérieurs.



833 et 834) des *Chemins de fer de l'Est*, qui ont été munies de la distribution Durant et Lencauchez.

Cylindres extérieurs. — D'après la disposition classique la plus ancienne, les tiroirs sont placés verticalement entre les longerons (fig. 427 et 448) (1); leur axe est parallèle à celui des cylindres; la glace est à peu près symétrique par rapport au plan horizontal médian et les conduits de vapeur traversent les longerons par une large ouverture. Les tiroirs sont actionnés directement par les coulisses.

L'échappement se fait très directement; son conduit passe soit en dehors des longerons (fig. 426), soit en dedans (fig. 448) (1). Dans ce dernier cas, les conduits de vapeur sont un peu plus longs et les espaces morts plus considérables. Cette disposition est simple. La glace étant parallèle dans les deux sens à l'axe du tiroir est facile à régler et à ajuster; il en est de même des presse-étoupes de la tige du tiroir. On lui reproche de ne pas rendre le mécanisme de distributiou très accessible, mais c'est un petit inconvénient. En revanche, comme c'est toujours le cas quand les excentriques sont à l'intérieur, ce dispositif supprime l'emploi des contre-mani-

Digitized by Google

velles et permet l'adoption de bielles d'accouplement à bagues, non démontables.

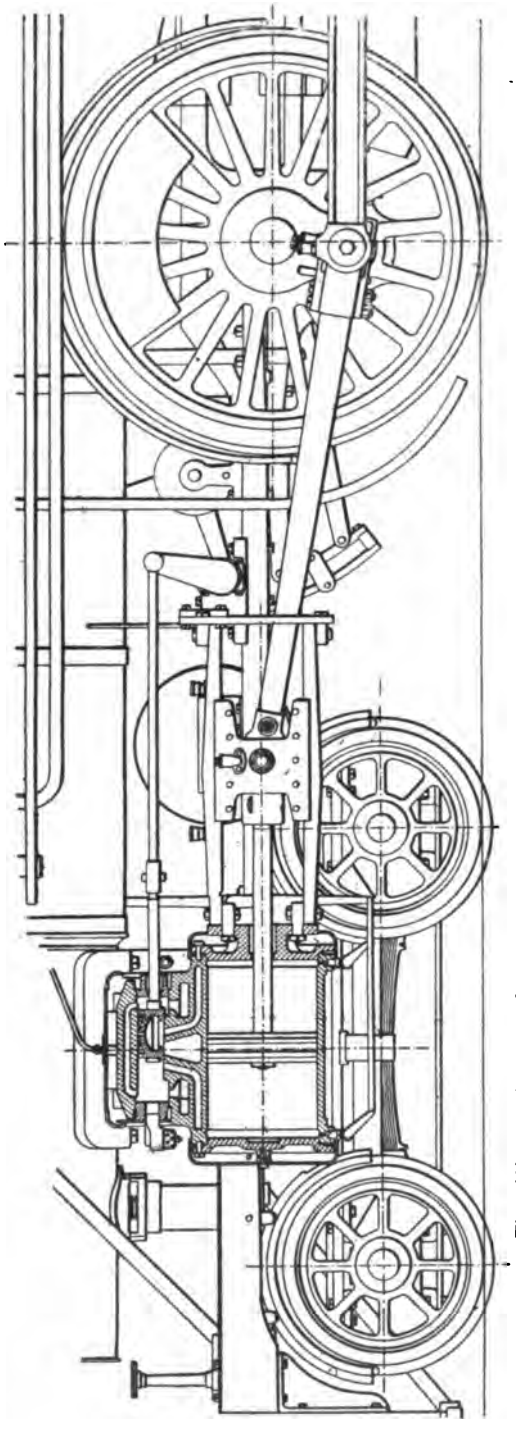


Fig. 435. — Disposition typique du mécanisme des locomotives américaines à quatre roues accouplées.

Cette disposition est adoptée sur toutes les machines anglaises à cylindres extérieurs, et sur la plupart des machines allemandes. En France, elle a été surtout adoptée par la Compagnie de *Lyon* (machines type *Bourbonnais* et 111 à 400, mais on la retrouve sur beaucoup de machines appartenant aux autres Compagnies quoique, en général, de construction déjà un peu ancienne.

Les tiroirs sont plus souvent placés à l'extérieur, ce qui les rend très accessibles ; ils sont alors actionnés soit directement, par les coulisses, soit par l'intermédiaire d'un renvoi de mouvement; dans ce dernier cas, les excentriques peuvent être intérieurs.

Les figures 428 et 448 (3) représentent la disposition classique en France, usitée sur la plupart des machines de la Compagnie d'*Orléans*. La tige de tiroir étant reportée vers le dehors pour se trouver dans le prolongement de l'axe du mécanisme de distribution, on doit l'incliner dans le sens de la longueur ainsi par conséquent que la glace du tiroir. Cette dernière est inclinée transversalement pour laisser, du côté intérieur, la section de passage nécessaire à la vapeur d'échappement et pour réduire les espaces morts. Quelques Compagnies préfèrent placer la glace horizontalement dans

Digitized by Google

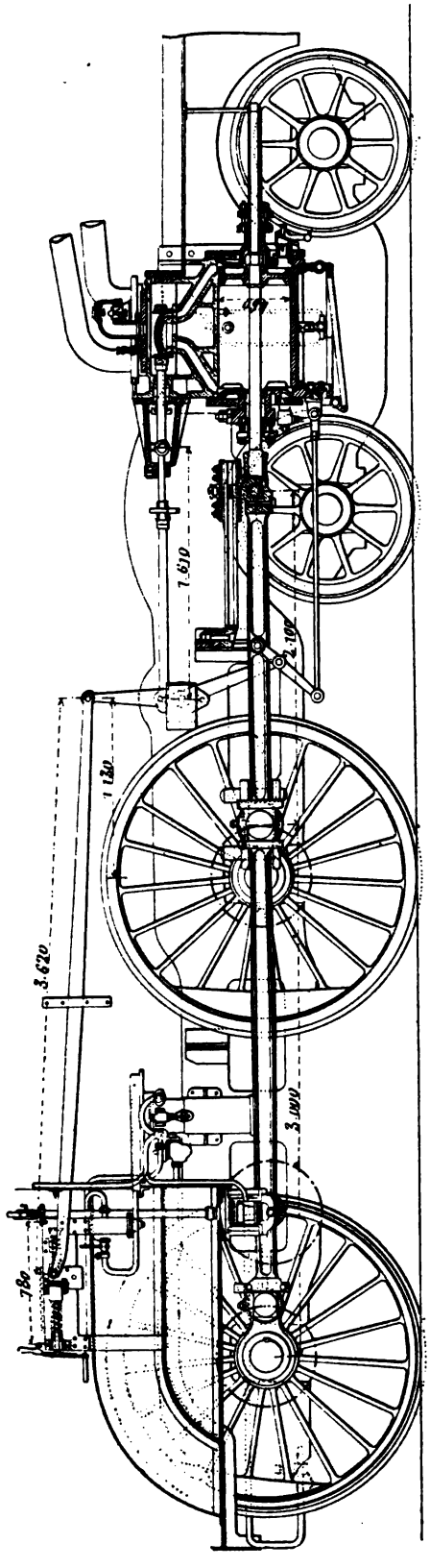


Fig. 436. — Ensemble du mécanisme des locomotives à grande vitesse de l'*État russe* (Saint-Pétersbourg à Varsovie). Distribution Joy.

le sens transversal, mais il est alors nécessaire de reporter l'axe de la glace à peu près dans le plan vertical médian du cylindre sous peine de trop augmenter les espaces morts. La tige du tiroir n'étant plus placée dans l'axe de la distribution, on l'actionne par l'intermédiaire d'une fausse tige bien guidée reliée à la tige proprement dite par un bras placé sur le côté. C'est la disposition adoptée par un grand nombre de machines françaises, par exemple les machines à huit roues accouplées de la Compagnie du *Nord* (fig. 430). Quand la distribution est du type Walschaërt, la glace peut être horizontale et disposée symétriquement par rapport au cylindre, ce qui est un avantage réel au point de vue de la précision et de la facilité de l'ajustage. En outre, on peut se dispenser de la fausse tige et commander directement la tige du tiroir (fig. 429, 431 à 433). Il en est de même avec la distribution Joy (fig. 446).

Les tiroirs peuvent être placés sous le cylindre dans une position symétrique, ce qui a l'avantage de permettre une purge constante des cylindres d'où l'eau de condensation s'échappe directement par les lumières. Cette disposition est rarement adoptée. Elle ne s'applique d'ailleurs qu'aux locomotives ayant des roues d'assez grand diamètre pour que le dessous des boîtes à tiroir se trouve au-dessus de la limite imposée par le gabarit. On trouve un des rares exemples de

Digitized by Google

cette disposition sur les locomotives compound à trois cylindres du type Webb (fig. 98, 99).

Dans toutes les locomotives américaines, les tiroirs sont placés horizonta-

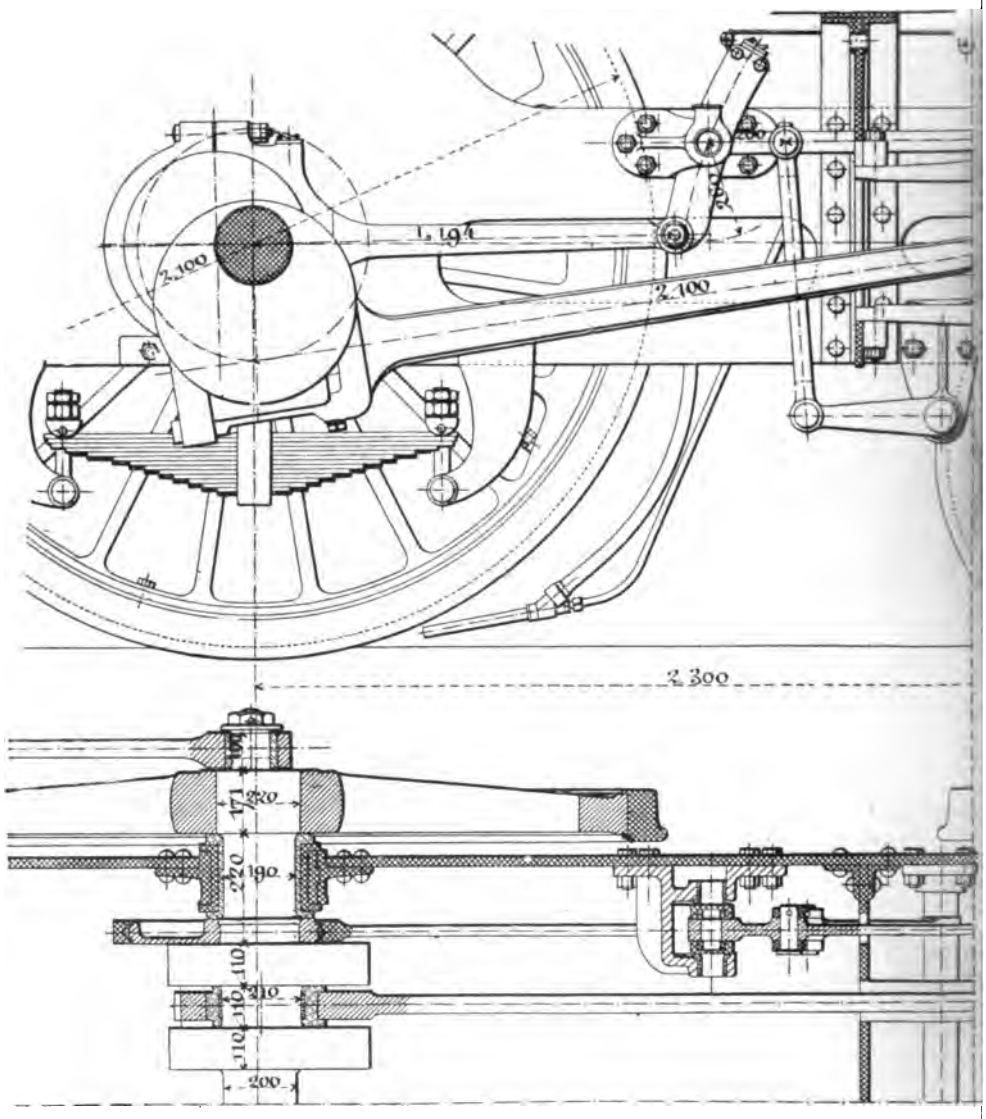
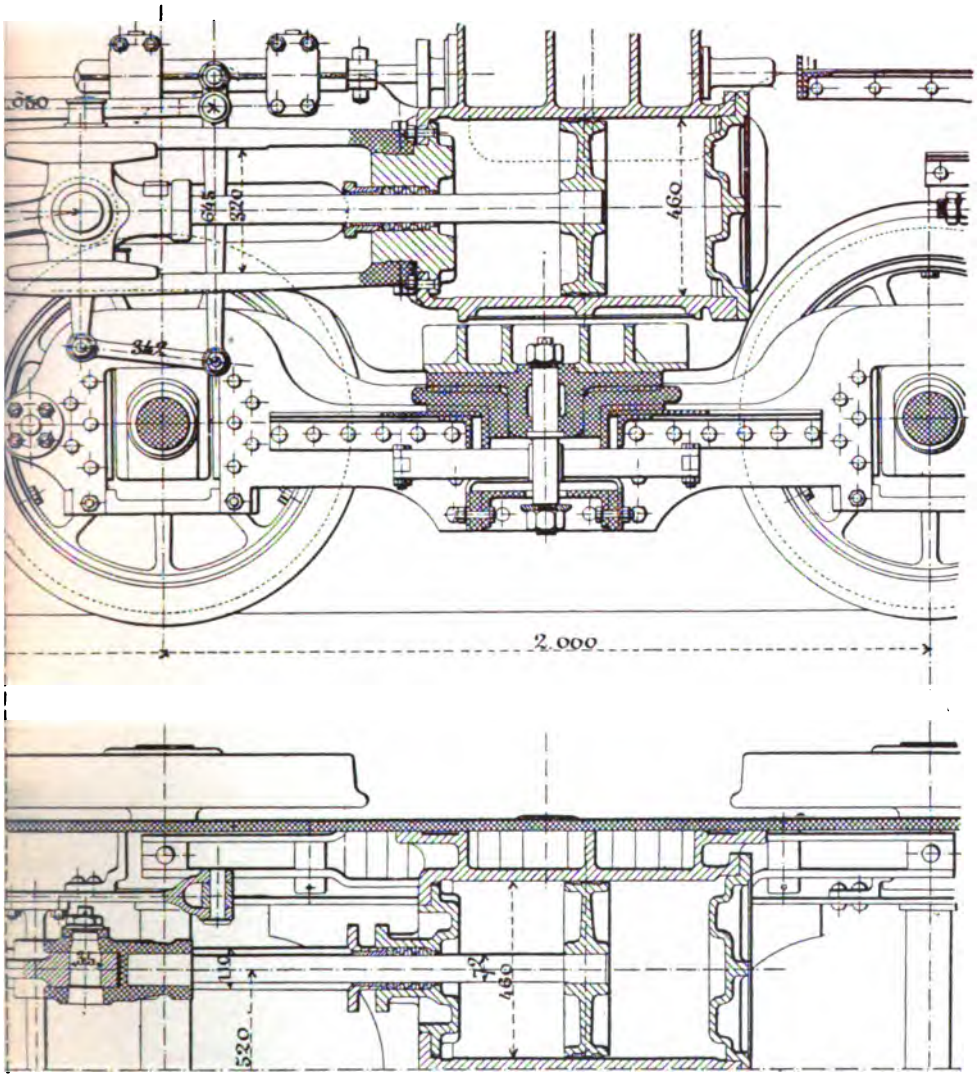


Fig. 437. — Mécanisme, entièrement intérieur, des locomotives à grande vitesse de l'*État badois* des cylindres à basse pression des locomotives compound à grande vitesse du *Chemin de fer du* du dehors.

lement au-dessus des cylindres et symétriquement par rapport à leur axe transversal de manière que ces cylindres soient interchangeables d'un côté à l'autre (fig. 435). Ils sont actionnés par des excentriques et coulisses intérieurs au moyen d'un renvoi de mouvement intermédiaire appelé *rocking-*

Digitized by Google

shaft et qui constitue un simple mouvement de sonnette. Cette disposition est assez séduisante parce qu'elle débarrasse la face de la machine d'organes accessoires encombrants et permet, tout en assurant une parfaite accessibilité des boîtes à tiroir pour le démontage, le réglage et la visite, de



(construites par la Société alsacienne de constructions mécaniques). Il est à peu près identique à celui *Nord*. Les tiroirs, placés sur le côté et inclinés transversalement, sont très facilement accessibles

ne pas employer de contre-manivelles et de faciliter par conséquent l'emploi de bielles d'accouplement à têtes rondes sans rattrapage de jeu. Ce type de distribution n'est pas employé en France, mais il a été adopté d'un manière générale par les constructeurs anglais pour les machines d'ex-

Digitized by Google

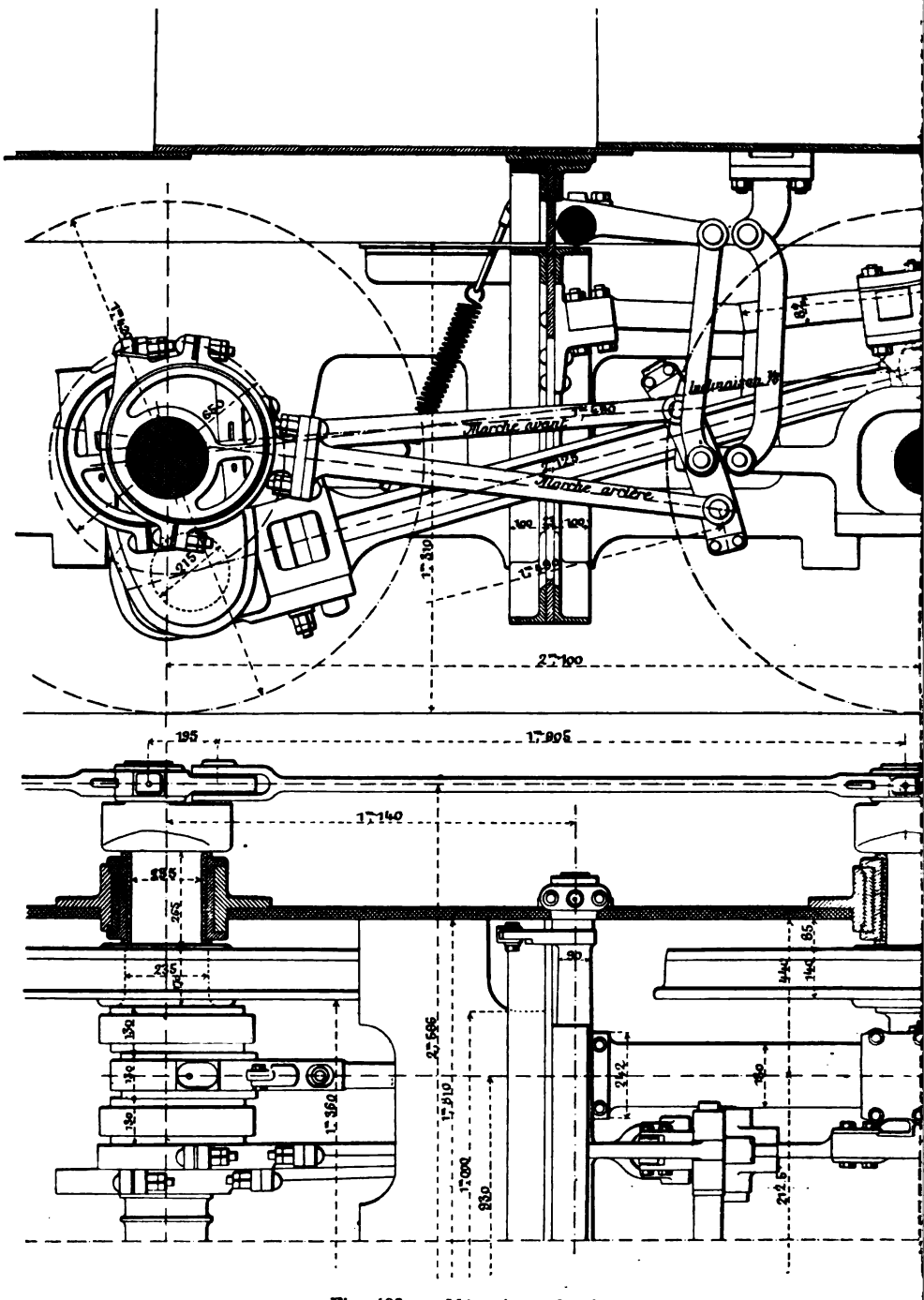
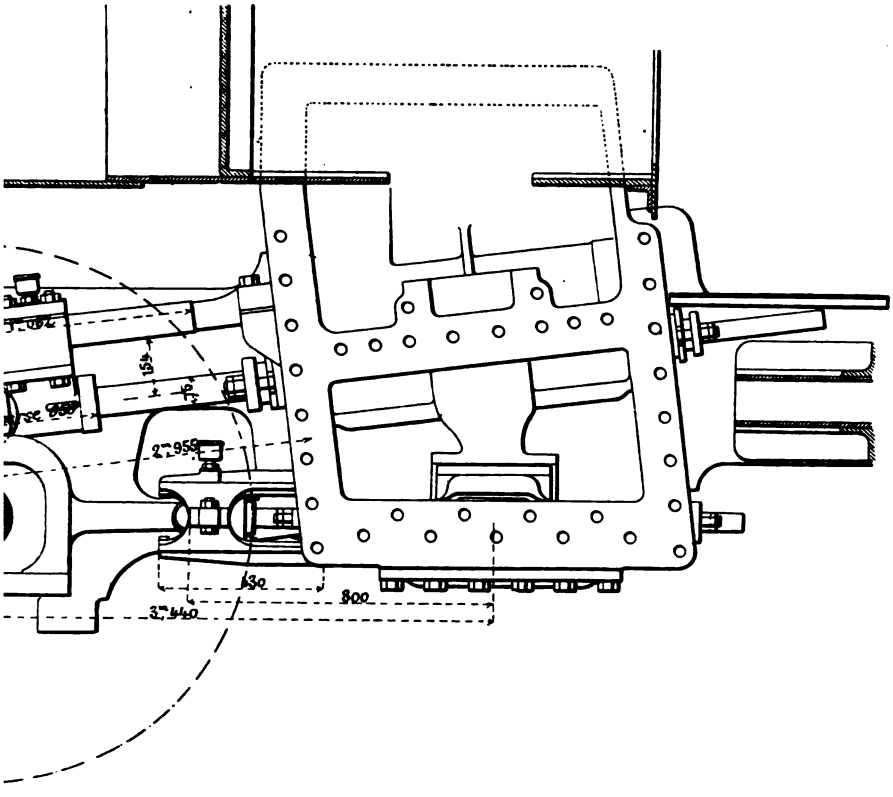
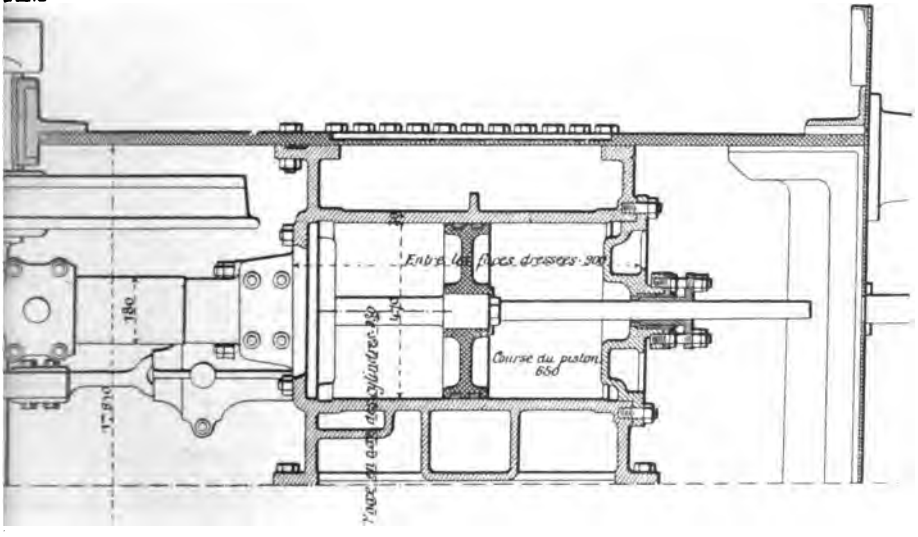


Fig. 438. — Mécanisme des locomotives à six roues accou

portation; on le retrouve en Italie (fig. 190, 192), on le retrouve sur des loco-

Digitized by Google





iric 3001-3015) des *Chemins de fer de l'Est.*

motives italiennes et suisses. Il est, croyons-nous, appelé à se développer.

Digitized by Google

Cylindres intérieurs. — Les tiroirs peuvent être intérieurs ou extérieurs. Dans l'ancienne disposition classique, ils sont disposés verticalement entre les cylindres, dos à dos, l'échappement se faisant vers le haut [fig. 442, 443, 449 (3)]. C'est une disposition très simple ; les glaces sont parallèles entre elles et per-

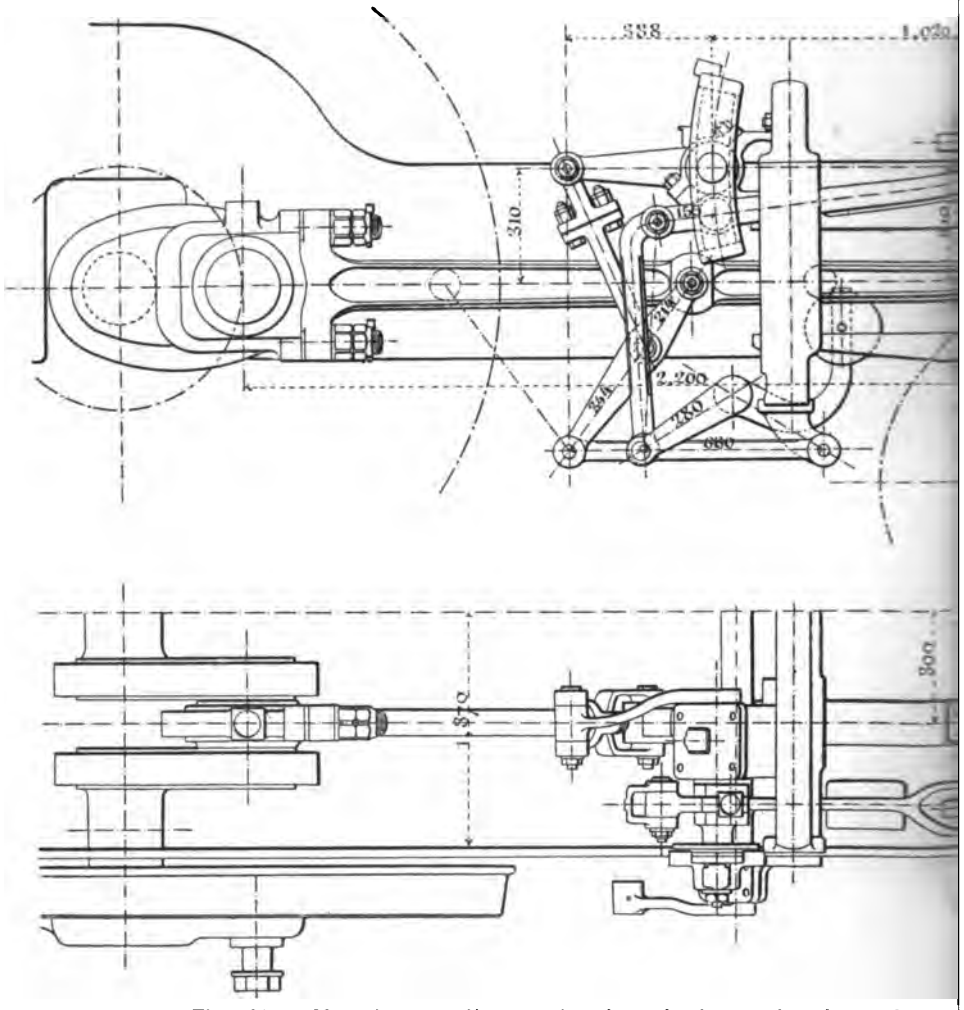
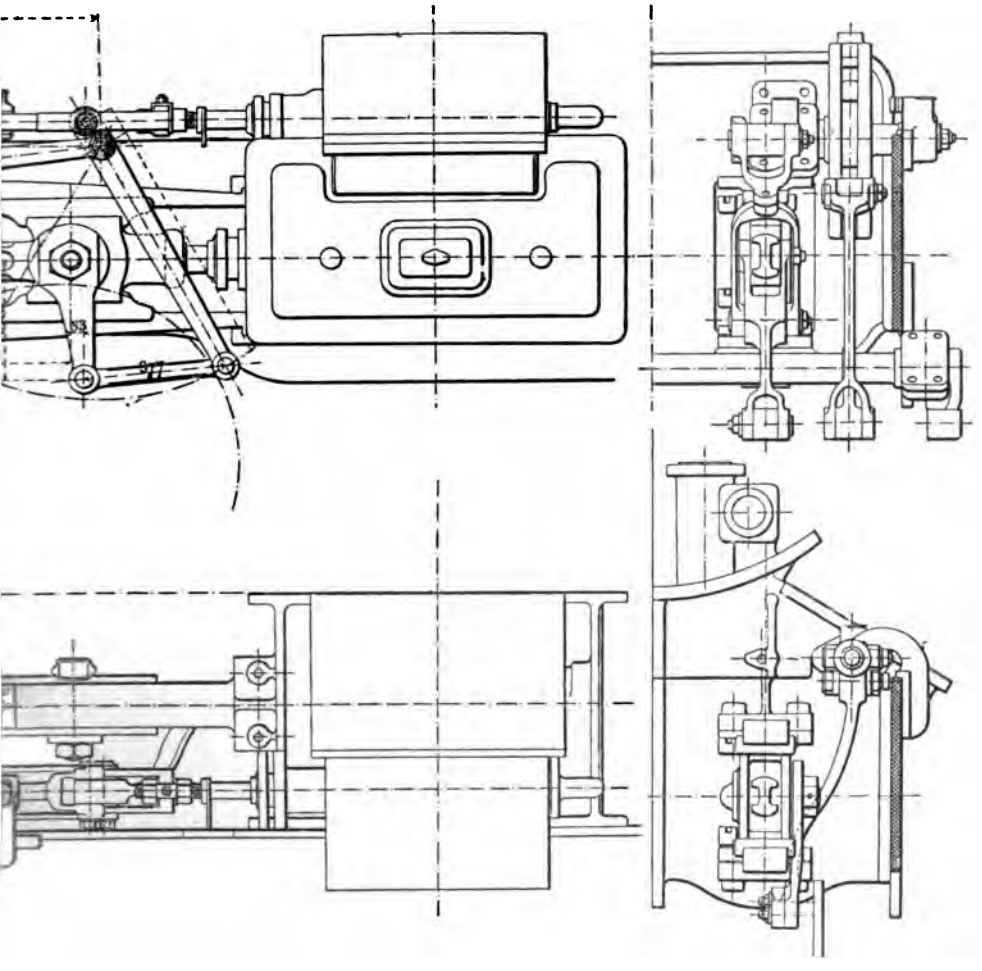


Fig. 439. — Mécanisme, entièrement intérieur, des locomotives à grande vites
les tiroirs, placés sur le côté et inclinés transversalemer

pendiculaires au plan horizontal des axes des deux cylindres, ce qui facilite l'ajustage ; en outre les tiroirs peuvent être actionnés directement par les coulisses. On lui reproche de ne pas présenter une accessibilité suffisante des glaces dont la visite et l'entretien sont assez difficiles, la seule porte de la boîte à tiroir, très étroite, se trouvant à l'avant. Certaines Compagnies ont dû se créer un outillage spécial pour le dressage de ces tables lors des réparations quand on ne démonte pas les cylindres. En outre, ce dispositif ne s'adapte pas aux

Digitized by Google

locomotives puissantes; en effet, à mesure que le diamètre des cylindres augmente ainsi que l'épaisseur des bras des manivelles et la longueur des fusées, l'espace disponible entre les deux cylindres diminue et on ne peut plus donner aux conduits d'admission ou d'échappement la section nécessaire. Pour y



963-990) des *Chemins de fer de l'Ouest*. Distribution sans excentriques; très facilement accessibles de l'extérieur.

remédier, les constructeurs anglais, qui pendant longtemps n'ont pas employé d'autre type de distribution, ont eu recours à divers artifices. Les uns (***Midland Ry***) relèvent les tiroirs et leurs tiges qui sont alors inclinées, d'une quantité suffisante pour que la section des conduits d'échappement puisse être en rapport avec le volume de vapeur qu'ils ont à débiter. Cet arrangement est compact, mais il ne se prête pas à une très grande augmentation de la puissance. Les autres placent la glace aussi près que possible du

Digitized by Google

cylindre et opèrent l'échappement des deux côtés. La vapeur sortant du cylindre par la partie du conduit située au-dessous de l'axe de la tige du tiroir circule dans une gaine fondue avec le cylindre qui le contourne et vient rejoindre la culotte d'échappement à sa base. Cette disposition a été adoptée par le *London Brighton*, par plusieurs lignes écossaises (voir fig. 442 dispositif du *North British*) et par la *Compagnie de l'Ouest* pour ses deux premières locomotives à bogie (mach. 951 et 952). Elle permet de faire des glaces parallèles au plan médian des cylindres et d'actionner les tiroirs directement par des coulisses ordinaires. Les longerons doivent être entaillés pour permettre le passage de la gaine enveloppant le cylindre.

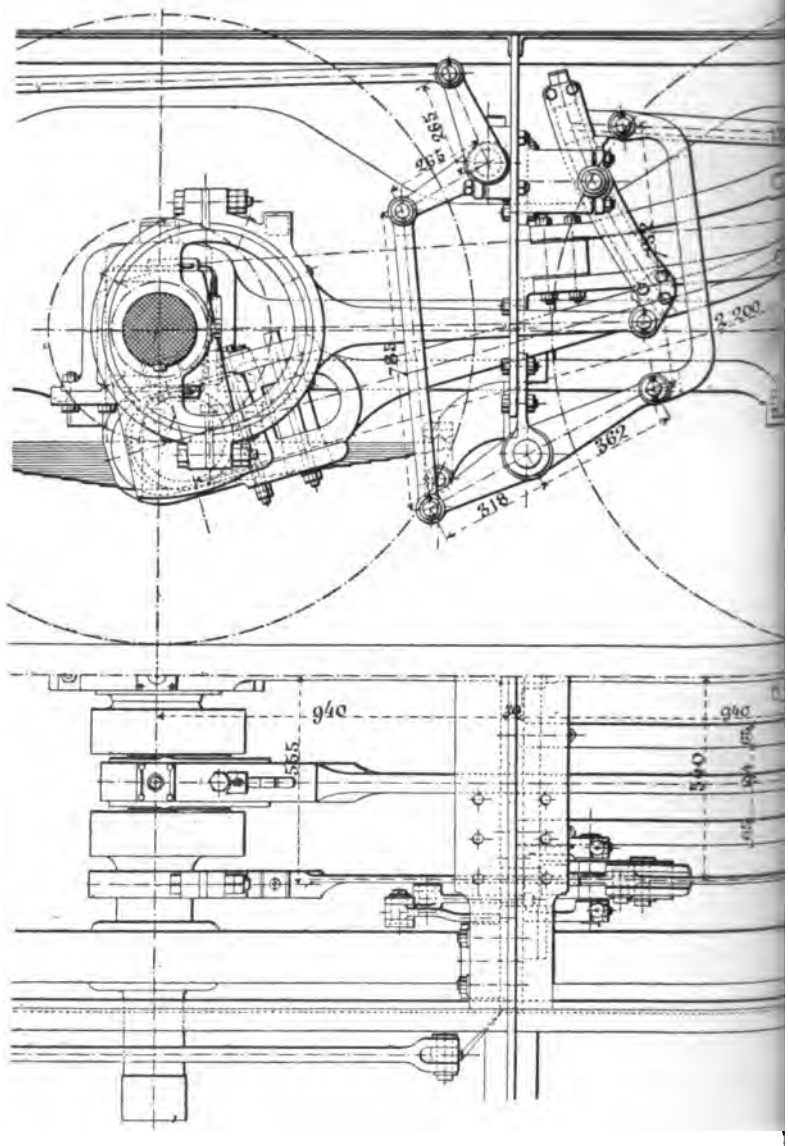


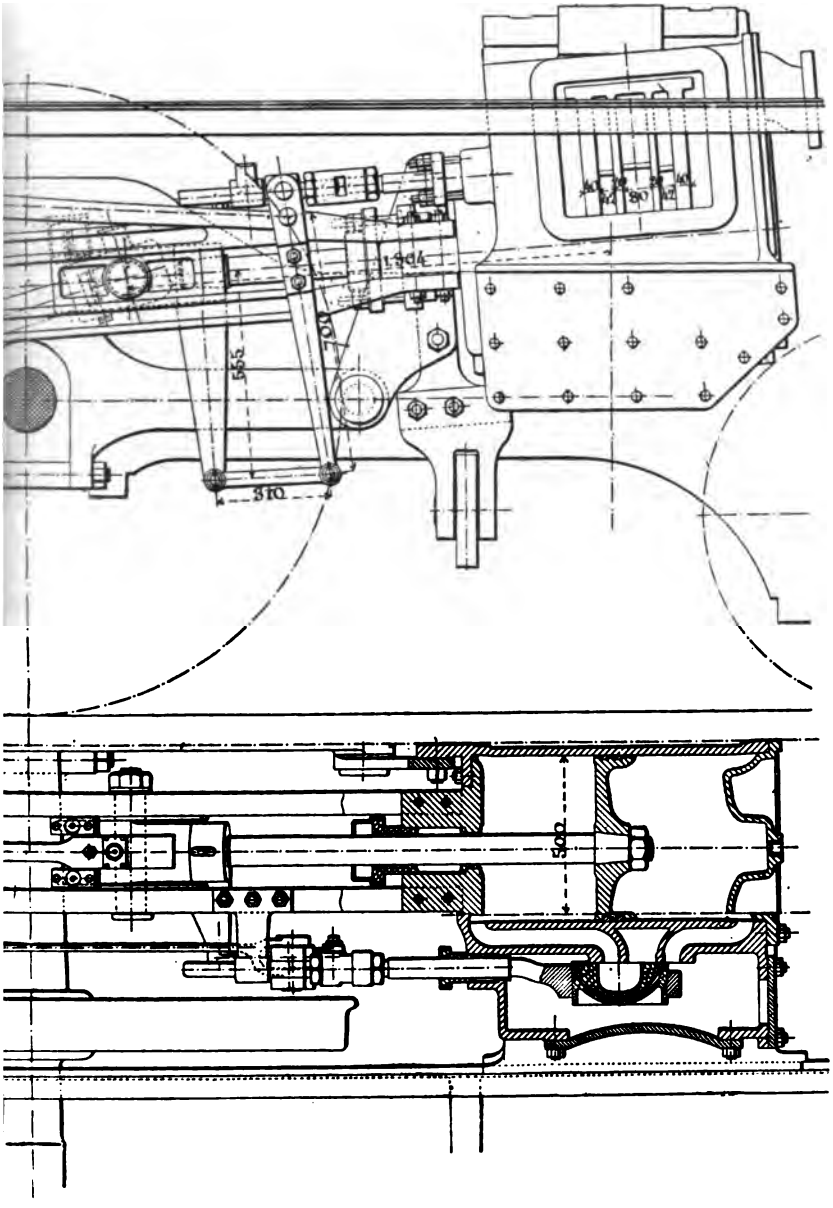
Fig. 440. — Mécanisme, entièrement intérieur, des locomotives du type 6 de l'É de fer de l'*Ouest* et de l'*État badois* en ce qui concerne la disposit

Au *Caledonian Ry* au lieu d'entailler le longeron, on coupe l'enveloppe du conduit circulaire au contact de ce dernier qui vient faire joint sur les lèvres de la partie supprimée.

Dans beaucoup de machines les tiroirs sont placés en dessous et leurs glaces, inclinées transversalement, sont placées dans une boîte commune (fig. 444 et 449) (1). Les tiroirs peuvent aussi être inclinés dans le sens lon-

Digitized by Google

gitudinal, ce qui permet de les actionner directement; parfois au contraire ils sont parallèles à l'axe du cylindre et commandés par l'intermédiaire d'un renvoi de mouvement. Cette disposition est appliquée à toutes les locomotives de banlieue à cylindres intérieurs de la *Compagnie de l'Ouest* (fig. 449) (5); on la retrouve avec quelques variantes sur les machines mixtes de la *Compagnie de l'Est* et sur les nouvelles machines à six roues accouplées (3 001 à 3 010) (fig. 438) de la même administration, sur les machines 3 211-3 300 de la *Compagnie de Lyon* (petits cylindres); sur un assez grand nombre de machines anglaises (*Brighton*, *Great Eastern* et quelques nouvelles machines du *Great Western*). C'est un bon dispositif mais difficilement applicable aux locomotives à bogie, les entretoises du truck ne permettant pas le passage des boîtes à tiroir à moins que comme dans les machines du *Great Western* on ne le dispose spécialement dans ce but (fig. 743).



elge. Distribution Walschaërt; même observation que pour les machines du chemin es tiroirs, appliquée d'ailleurs pour la première fois par l'*État belge*.

Dans beaucoup de locomotives récentes, on a placé les tiroirs horizonta-

Digitized by Google

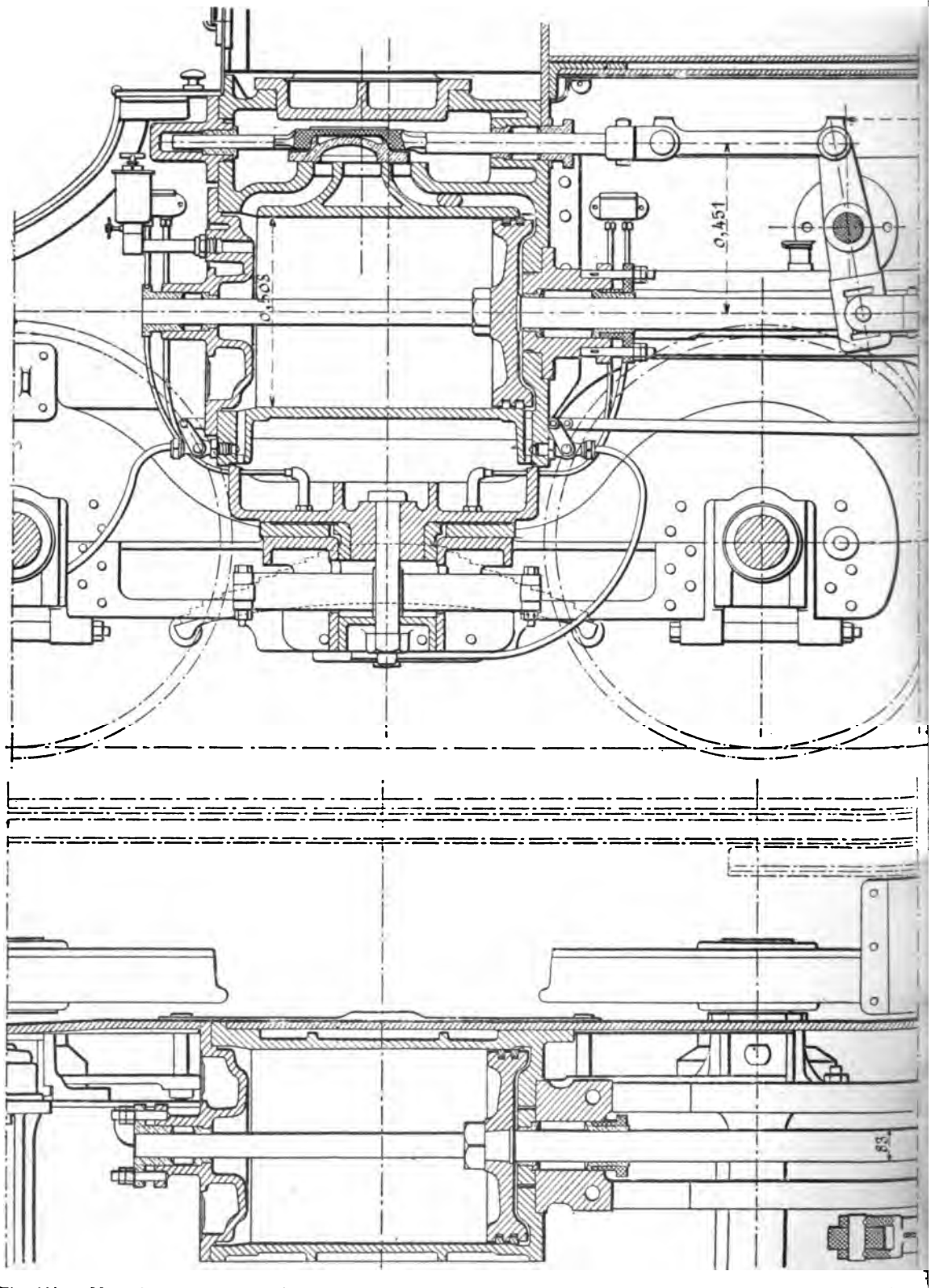
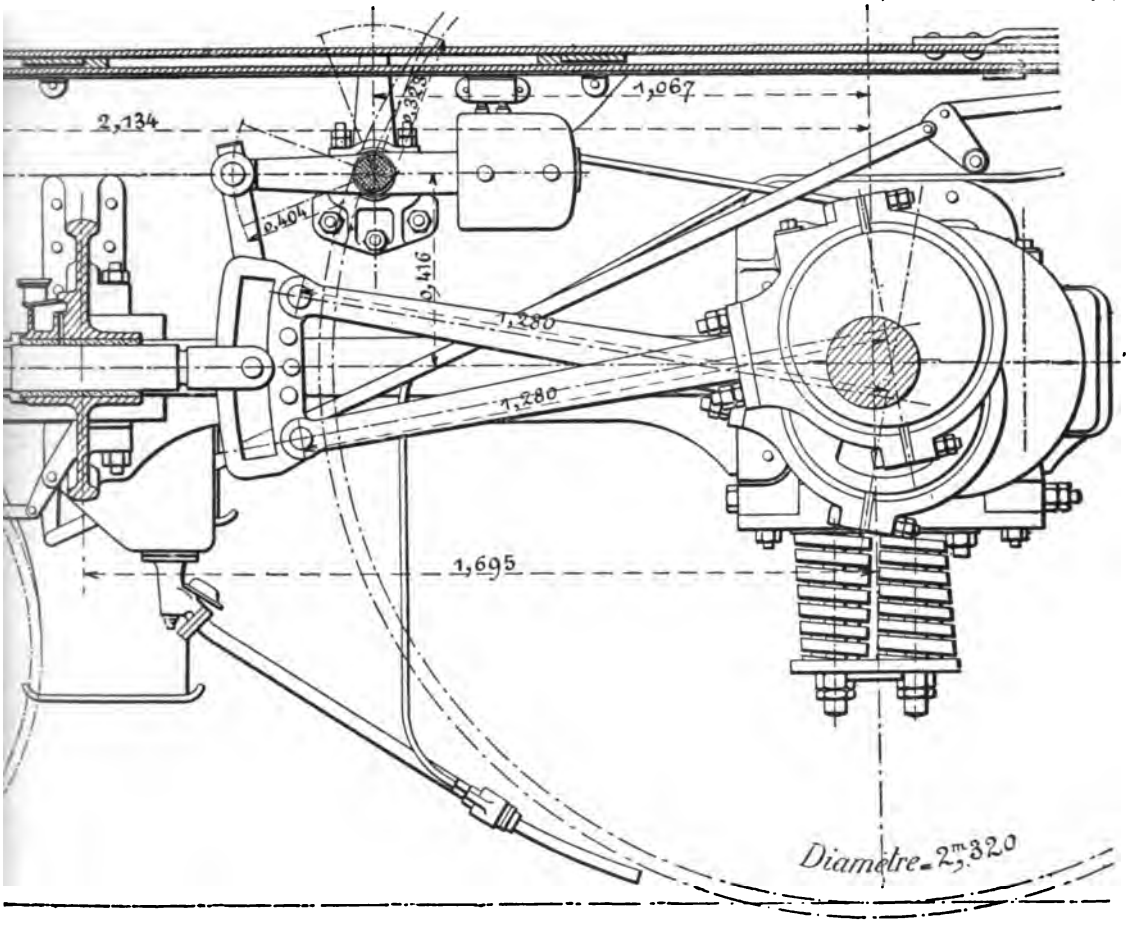
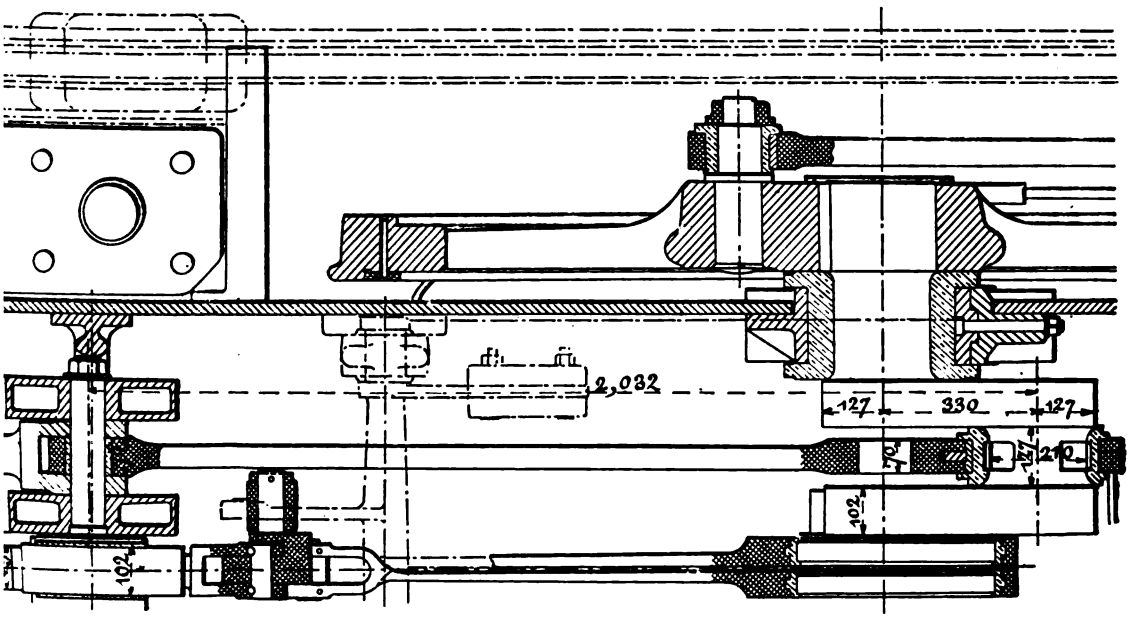


Fig. 441. — Mécanisme, entièrement intérieur, des locomotives à grande vitesse (type Q_1, de 1896) *North Eastern Railway*. d'un renvoi de

Digitized by Google





s coulisses de Stephenson actionnent les tiroirs, placés horizontalement au-dessus des cylindres, par intermédiaire ouvement.

Digitized by Google

lement en dessus des cylindres (fig. 449) (2) ; ils sont alors commandés soit

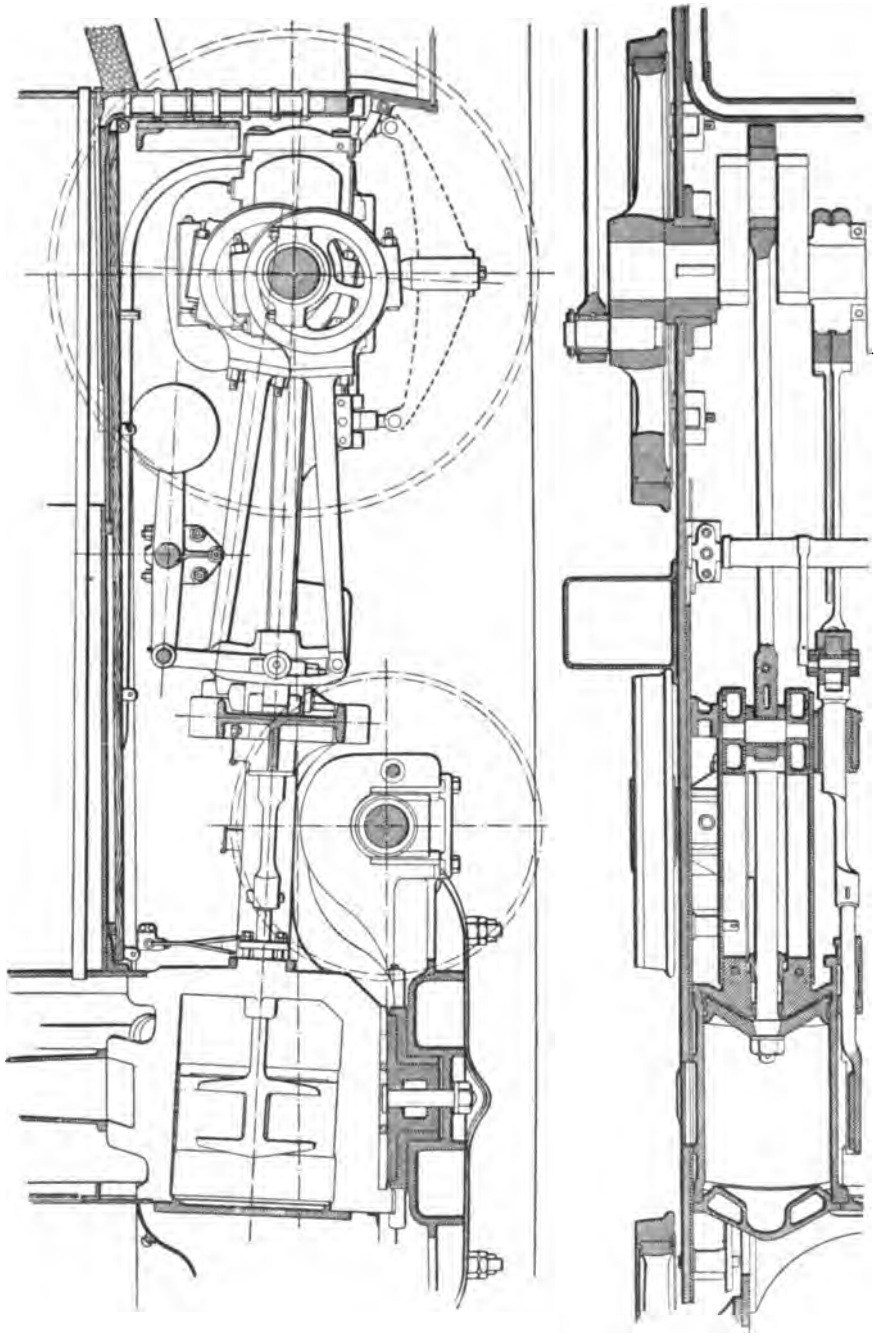


Fig. 442. — Mécanisme, entièrement intérieur, des locomotives mixtes du *North British Railway*. Donné comme exemple de la disposition classique en Angleterre ; les tiroirs, placés verticalement entre les cylindres, sont actionnés directement par des coulisses de Stephenson à simple flasque.

par des coulisses ordinaires avec un renvoi de mouvement, soit par une distribution radiale, du type Joy par exemple. Le conduit d'échappement peut

Digitized by Google

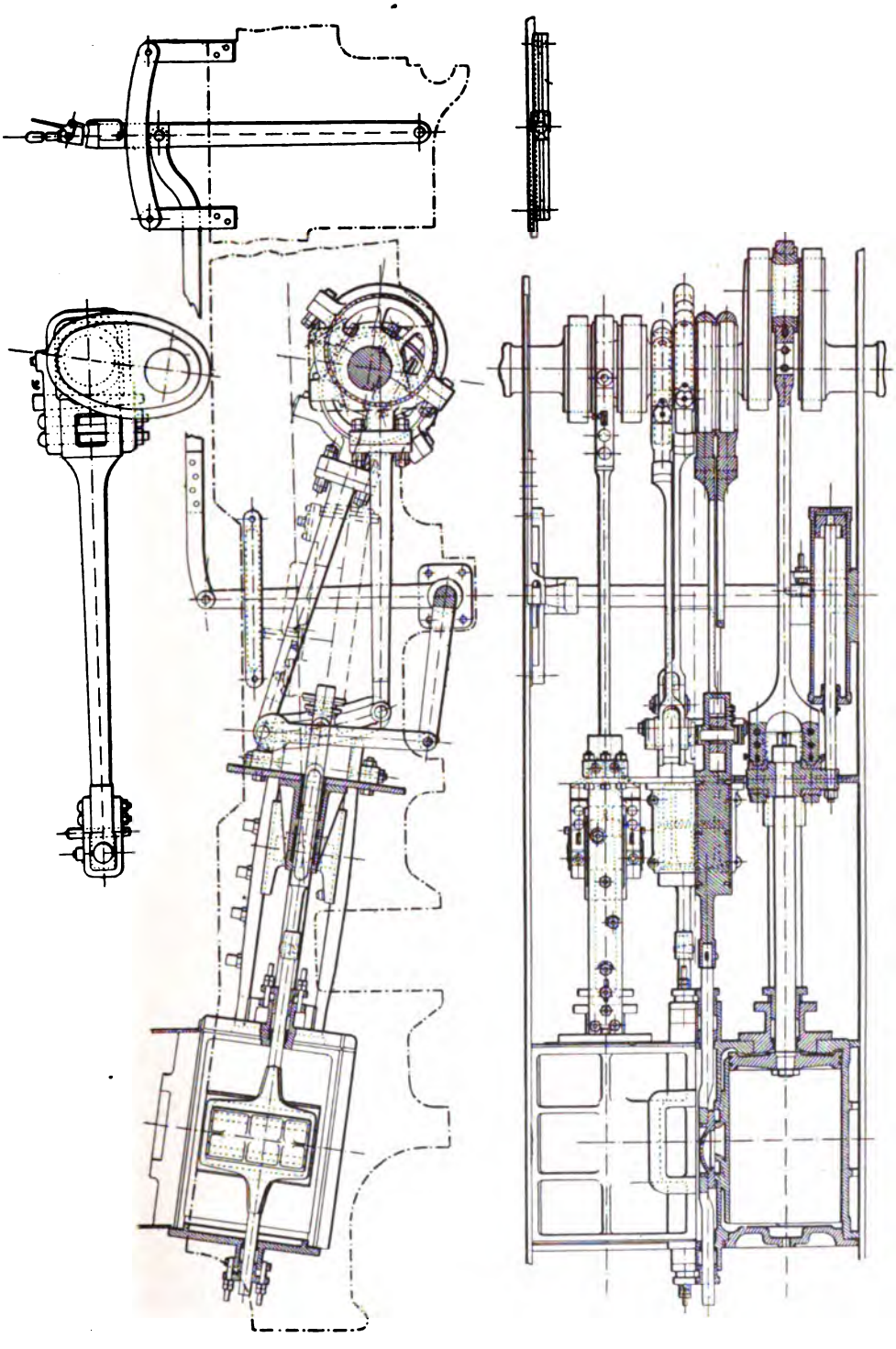


Fig. 443. — Mécanisme, entièrement intérieur, des locomotives à six roues accouplées du *Great Western Railway*. Les cylindres sont inclinés pour éviter l'essieu avant.

Digitized by Google

être placé, soit vers le dehors, soit vers l'intérieur. Cette disposition est appliquée sur les locomotives express de la *Compagnie de l'Ouest* (série 621-690),

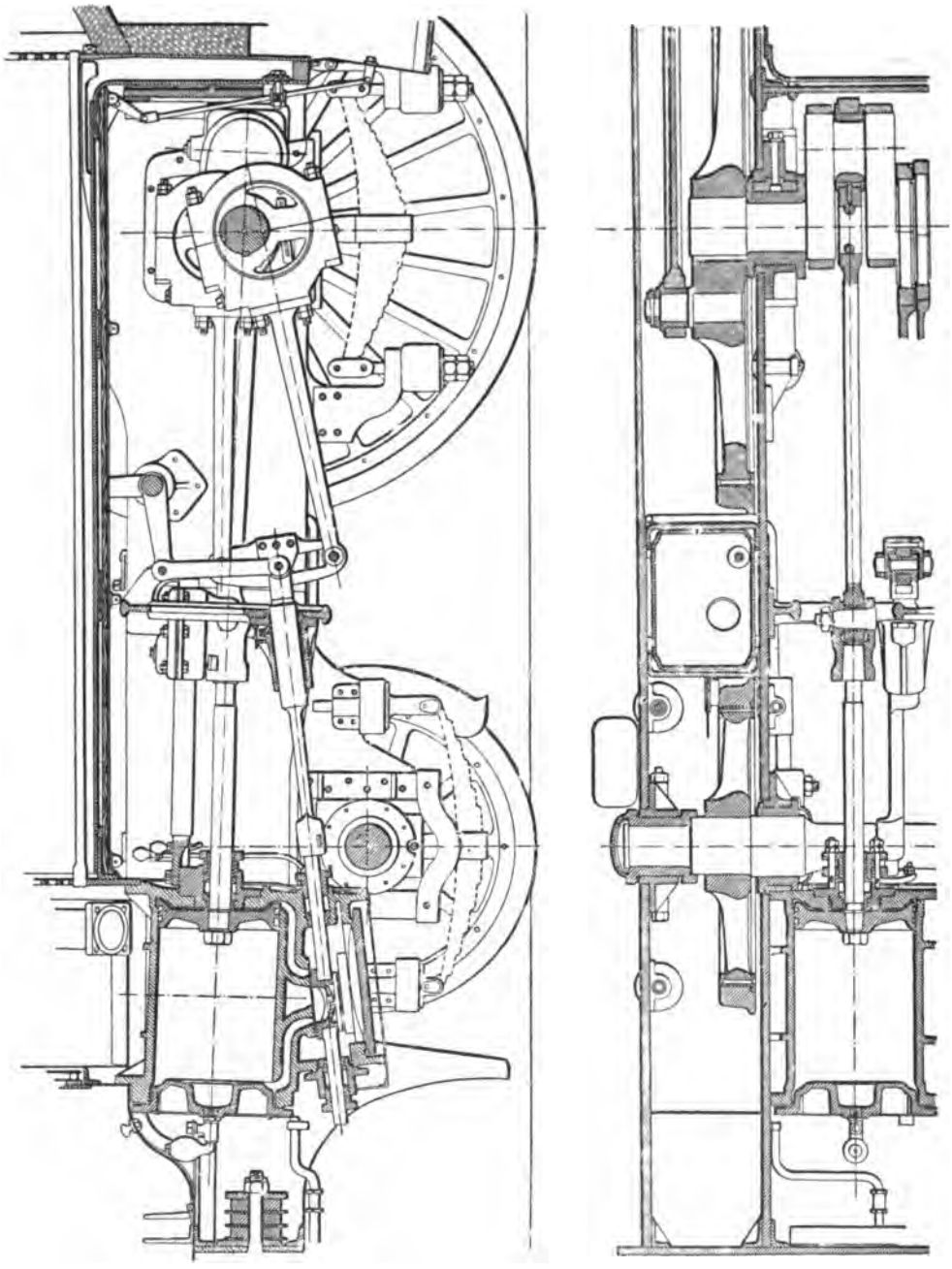


Fig. 441. — Mécanisme, entièrement intérieur, des locomotives à grande vitesse du *Great Eastern Railway*. Les coulisses, de Stephenson, actionnent directement les tiroirs placés sous les cylindres.

sur les machines de banlieue de la *Compagnie d'Orléans*, sur un nombre de plus en plus grand de locomotives anglaises (*Lancashire and Yorkshire*, *North Eastern* (fig. 441), *Caledonian*, etc.). Elle offre cet avantage que les

Digitized by Google

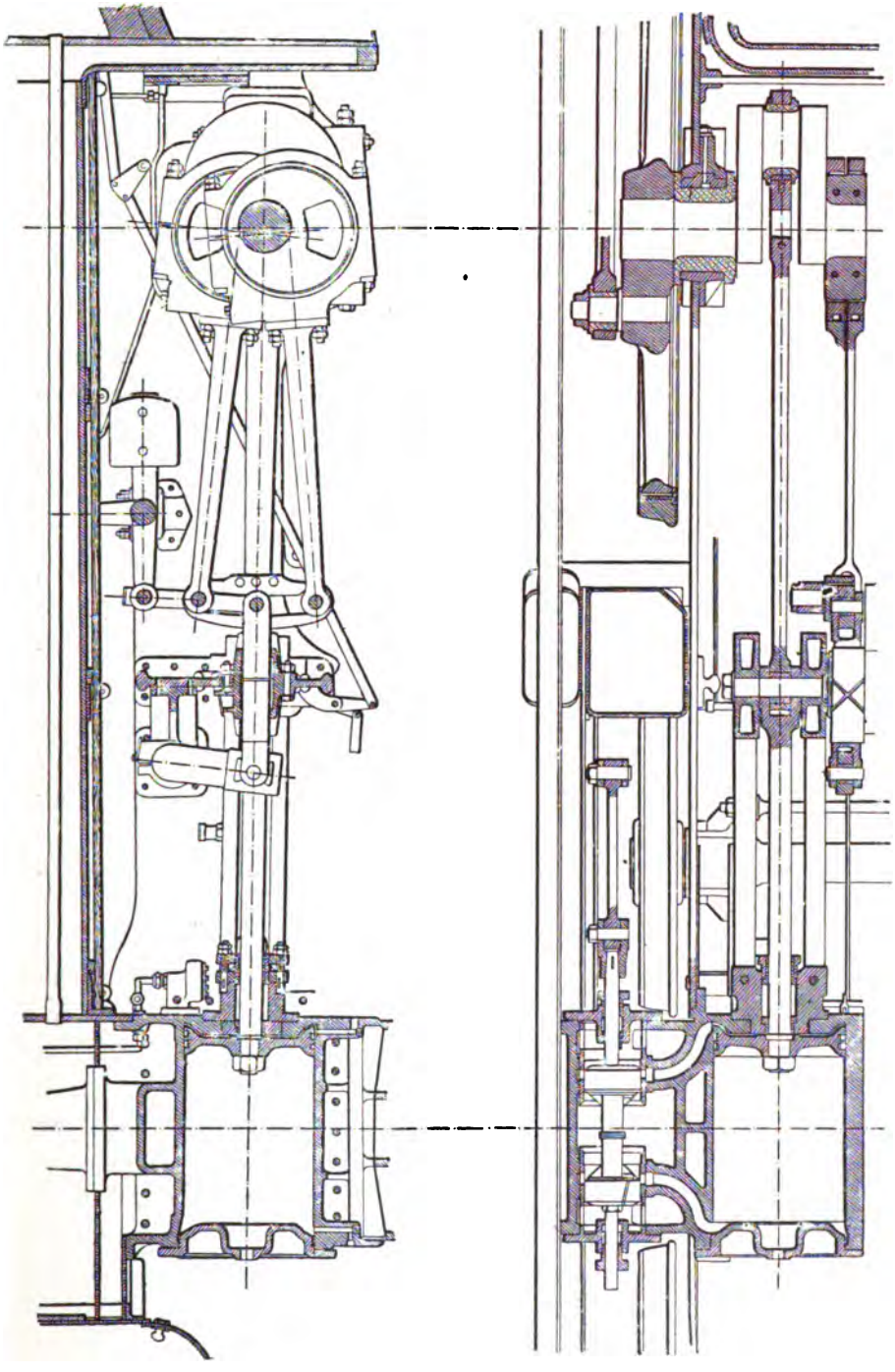


Fig. 445. — Mécanisme d'une catégorie de locomotives à grande vitesse du *North Eastern Railway*. Les cylindres et le mécanisme de distribution sont intérieurs ; les tiroirs, actionnés par l'intermédiaire d'un arbre de renvoi, sont extérieurs.

glaces sont d'équerre, mais les tiroirs ne sont pas aussi accessibles qu'on le demande généralement en France.

Digitized by Google

Les récentes locomotives express des *Compagnies de l'Ouest, du Nord* et de *P.-L.-M.* présentent une disposition (fig. 439) qui jouit actuellement d'une très grande faveur sur le Continent, permet de donner aux tiroirs, placés à l'intérieur, une aussi grande accessibilité que s'ils étaient extérieurs et se prête très bien à l'emploi de la distribution Walschaërt. Elle a été, croyons-nous, appliquée pour la première fois par l'*Etat belge*, qui l'a adoptée comme type (fig. 440 et 453). Les glaces sont disposées à peu près normalement aux cylindres, inclinées à environ 45° vers le dehors, l'échappement se faisant, d'une manière très directe, du côté intérieur. La tige de tiroir est parallèle à l'axe du cylindre ; elle se trouve précisément déportée vers le dehors de la quantité voulue pour qu'il soit possible de l'actionner directement par une coulisse Walschaërt (fig. 454, 455).

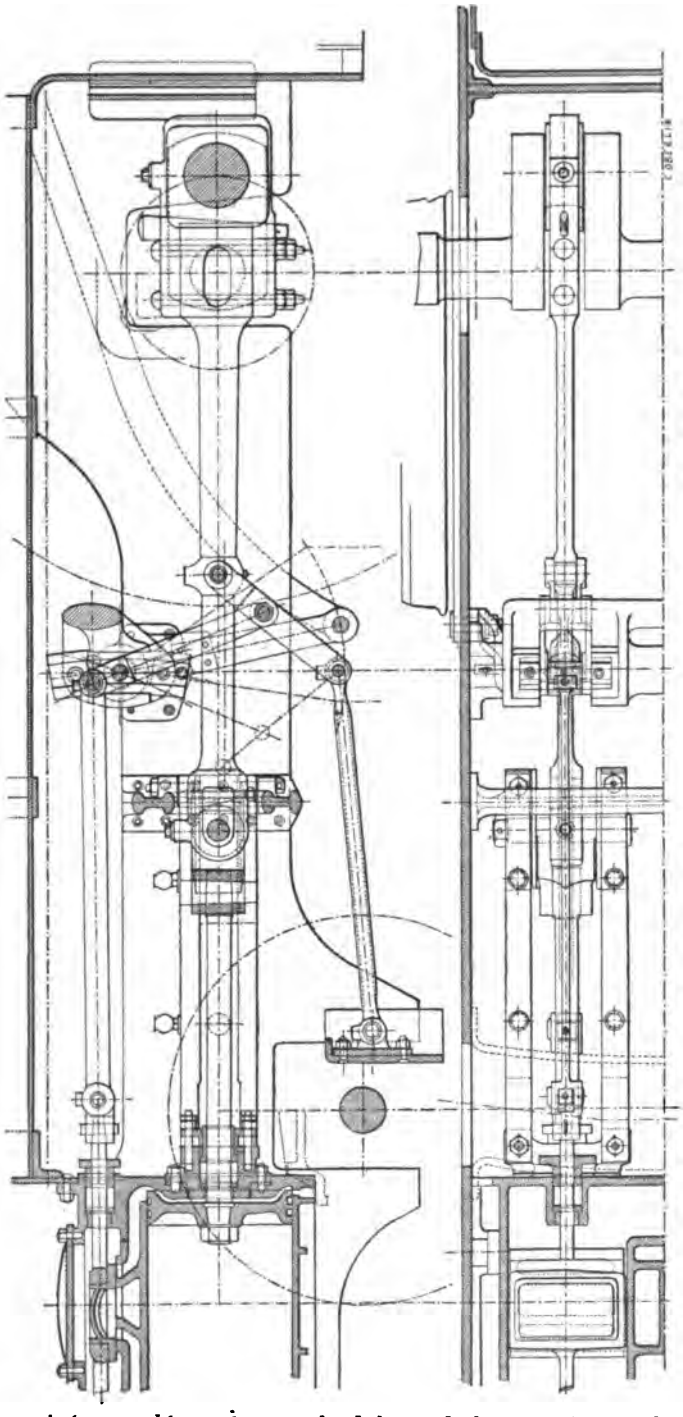


Fig. 446. — Type de mécanisme intérieur à distribution Joy (*Great Eastern Ry*).

Digitized by Google

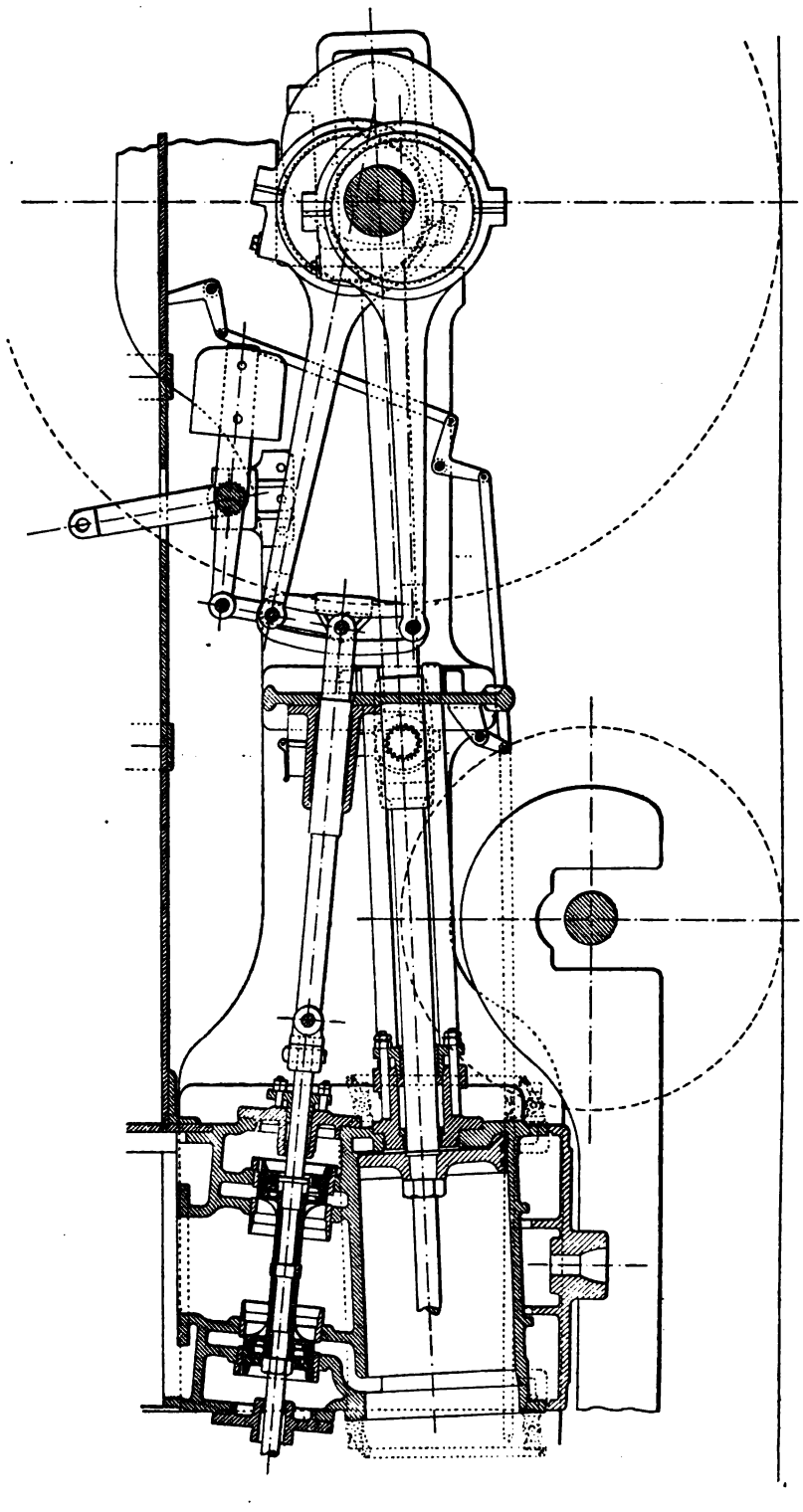


Fig. 447. — Mécanisme, entièrement intérieur, des locomotives à grande vitesse et à roues libres du *North Eastern Railway*. Les tiroirs, cylindriques, sont actionnés directement par des coulisses de Stephenson. En raison du grand diamètre des roues (2,32 m.), les cylindres sont légèrement inclinés vers le bas pour permettre de loger les boîtes à tiroir sous la boîte à fumée sans surélever d'une manière excessive l'axe du corps cylindrique.

Digitized by Google

Il faut toutefois rapprocher suffisamment les cylindres pour qu'il y ait place, de chaque côté, entre les collets intérieurs des fusées motrices et les bras des manivelles, pour loger un excentrique.

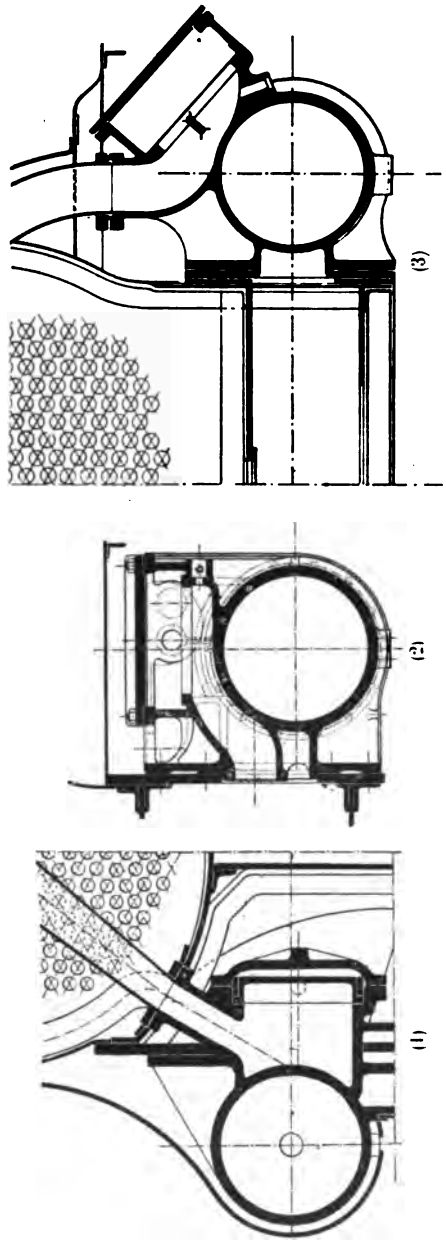


Fig. 448. — Principales dispositions que peuvent affecter les boîtes à tiroir quand les cylindres sont extérieurs. Coupes transversales.

La Compagnie anglaise du *Manchester Sheffield* a employé, pour son récent type de machine express, la disposition inverse; les glaces sont tournées l'une vers l'autre et se réunissent à la partie basse pour former un V (fig. 449) (4); elles ne sont plus accessibles que par l'avant. Cette disposition a été motivée par l'emploi de coulisses de Stephenson dont les excentriques sont placées au milieu, entre les bras des manivelles.

Enfin, on peut employer des tiroirs extérieurs commandés par des distributions intérieures ou extérieures. Les tiroirs extérieurs ont été employés dès 1854 par M. C. Polonceau à la *Compagnie d'Orléans* et en 1855 par la *Compagnie de l'Ouest*, qui les a appliqués pendant plus de vingt années à ses locomotives express (série 800). Ces tiroirs sont placés au dehors, verticalement, les conduits de vapeur traversant les longerons. C'est la disposition inverse de celle que nous avons donnée en premier lieu pour les cylindres extérieurs. Les tiroirs sont ainsi parfaitement accessibles de l'extérieur. Dans les locomotives françaises de ce type qui sont à châssis extérieur les organes de la distribution sont au dehors, les excentriques se trouvant calés sur les moyeux des manivelles d'accouplement. Le *North Eastern* a mis en service, vers 1891, des locomotives express à tiroirs exté-

Digitized by Google

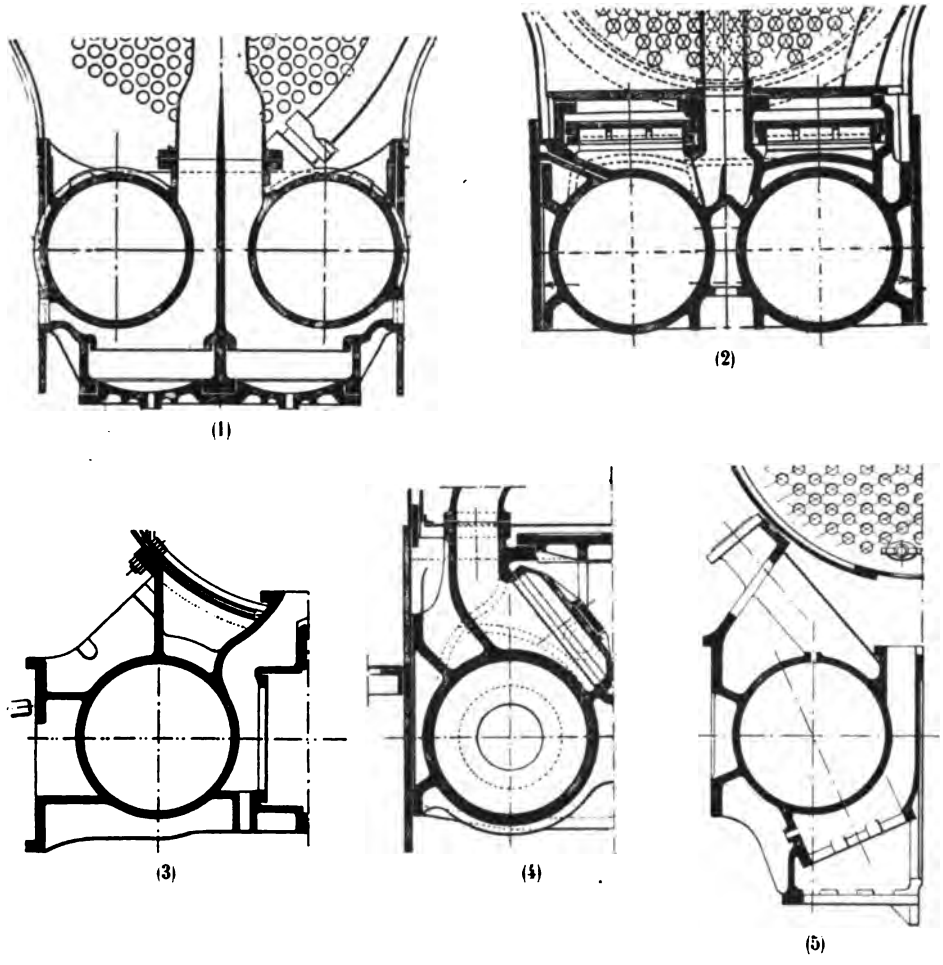


Fig. 449. — Principales dispositions que peuvent affecter les boîtes à tiroir quand les cylindres sont intérieurs. Coupes transversales.

rieurs commandés par des distributions intérieures avec arbre de renvoi (fig. 445).

Digitized by Google

CHAPITRE V

MATÉRIAUX EMPLOYÉS POUR LA CONFECTION DES PRINCIPAUX ORGANES DU MÉCANISME

Fontes. — Fers et aciers de forge. — Bronzes et alliages divers. — Acier moulé. — Fonte malléable. — Tuyaux en cuivre rouge. — Cahiers des charges et conditions de réception.

230. Matériaux employés pour la confection des principaux organes du mécanisme. — Les matériaux les plus employés pour la confection des organes du mécanisme sont les suivants :

Fonte. — Pour les cylindres et segments de pistons ; parfois pour les pistons eux-mêmes et les tiroirs ; bâtis de changement de marche et pièces diverses.

Fer ou acier forgés. — Pour les organes mobiles du mécanisme, tels que bielles, tiges de pistons et de tiroir, coulisses, colliers d'excentriques, barres et arbres de relevage, etc.

Bronze et alliages divers. — Pour les coussinets et bagues des articulations, les colliers d'excentriques, la robinetterie et pièces diverses.

Acier moulé. — Pour les entretoises et supports de glissières ; parfois pour les pistons, les crosses de tiges de piston, les couvercles de cylindres, les têtes de tiges de tiroir et les bâtis de changement de marche, etc.

Cuivre. — Pour les tuyaux de vapeur et d'eau.

On peut employer en outre, pour des usages moins importants, d'autres matériaux tels que la *fonte malléable* (supports, petites attaches, etc.), le *caoutchouc* (clapets, rotules d'alimentation), etc.

Les *cylindres* sont toujours en fonte, seul métal qui permette d'obtenir à un prix raisonnable des organes de forme aussi compliquée munis de de brides, conduits, bossages et pattes d'attache.

La fonte offre en outre une surface dure et susceptible de prendre et de conserver un beau poli.

Le seul inconvénient de ce métal, inconvénient qui n'a d'ailleurs guère de valeur, réside dans sa faible ténacité qui oblige à adopter des épaisseurs plus considérables que cela ne serait nécessaire avec le bronze par exemple.

Digitized by Google

Le prix élevé de ce métal, presque dix fois plus coûteux que la fonte, suffit d'ailleurs à l'exclure.

On emploie, pour la composition de la fonte à cylindres, des mélanges analogues aux suivants :

8	parties.	Fonte au bois N° 5.	2	parties.	Fonte au bois N° 5.
10	—	— écossaise.	4	—	— écossaise.
10	—	Bocage.	30	—	Bocage.

Les proportions des différentes qualités de métal entrant dans le mélange devront varier, suivant la dureté que l'on désire obtenir, dureté qui devra être aussi grande que possible dans les circonstances, en tenant compte de la complication de la pièce et de la fluidité nécessaire pour obtenir un bon moulage.

On exige ordinairement que ces fontes aient une résistance à la traction de 14 à 15 kg. au moins. Nous donnons plus loin quelques extraits de cahiers des charges relatifs à la fourniture des fontes.

Quand on emploie le *fer* à la confection des bielles motrices ou d'accouplement, des barres d'excentrique, arbres de relevage, et, en un mot, de toutes les pièces destinées à subir de grands efforts, on spécifie généralement l'emploi du fer à nerf dit *spécial* ou N° 7 donnant de 36 à 38 kg. de charge de rupture et 22 à 26 0/0 d'allongement, avec tolérance et compensation mutuelle de 2 0/0 d'allongement et de 2 kg. de la charge.

Quand les bielles sont en *acier*, on spécifie ordinairement une qualité demi-dure (ou demi-douce suivant les définitions adoptées par les différentes administrations), donnant une charge de rupture de 50 kg. environ avec un allongement de 20 0/0 sous réserve d'une tolérance avec compensation mutuelle de 2 0/0 et de 2 kg.

Les tiges de piston se font soit en acier de la même qualité que les bielles, soit en acier un peu plus dur ayant une résistance à la rupture de 55 kg. environ.

Les glissières, soumises à un frottement énergique, peuvent se faire en fer cémenté et trempé, mais on les confectionne plus souvent en acier, présentant une résistance de 70 kg. environ.

On trouvera ci-dessous des extraits des Cahiers des charges et spécifications, émanant de quelques grandes administrations de chemins de fer et qui nous paraissent de nature à donner une idée assez complète des qualités spéciales de matériaux usitées dans la pratique courante.

231. Fontes. — CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON DE LA MÉDITERRANÉE. — Les fontes employées pour le moulage des pièces de diverses natures entrant dans la construction du matériel de la Compagnie doivent être exclusivement de deuxième fusion et de première qualité; elles présentent à leur cassure un grain gris, serré et homogène.

Digitized by Google

La ténacité et l'élasticité du métal sont constatées par des épreuves à froid par le choc, la flexion ou la traction. Ces épreuves sont faites sur des barreaux coulés en même temps que les pièces. Les barreaux d'épreuves ont la forme de prismes à base carrée; ils sont coulés en sable très sec et terminés par des appendices disposés pour s'opposer au retrait de la fonte et pour recevoir l'application des efforts de traction.

Un barreau de 40 mm. d'équarrissage et de 200 mm. de longueur, placé horizontalement sur deux couteaux espacés de 160 mm., doit supporter, sans se rompre, le choc d'un mouton de 12 kg. tombant librement sur le barreau, au milieu de l'intervalle des points d'appui, d'une hauteur de 400 mm.; s'il s'agit de pièces d'un moulage difficile et pour lesquelles la résistance n'a pas d'importance, cette hauteur est réduite à 350 millimètres.

L'enclume supportant les couteaux doit présenter un poids d'au moins 800 kg.

Un barreau de 80 mm. d'équarrissage, soumis par l'appareil de Monge à un effort de flexion, doit supporter, sans se rompre, l'action d'un poids de 960 kg. sur le levier, à 2,00 m. du point d'appui le plus voisin de l'application des poids.

Les poids du levier, du plateau et des accessoires, ramenés à la même distance de 2,00 m., sont compris dans le poids d'épreuve.

L'épreuve précédente pourra, sur la demande du fournisseur, être effectuée sur un barreau de 40 mm. d'équarrissage. Dans ce cas. le poids que le barreau supportera sans se rompre doit être de 160 kg., placé à une distance de 50 cm. du point d'appui le plus voisin.

Un barreau prismatique à base carrée de 25 mm. de côté et de 200 mm. au moins de longueur utile est soumis à des efforts de traction dans les conditions indiquées ci-après :

Les barreaux d'épreuves sont soumis, au moyen de poids agissant directement ou par l'intermédiaire de leviers, à des efforts de traction croissant jusqu'à ce que la rupture ait lieu.

La charge initiale en kilogrammes par millimètre carré de section, par laquelle on doit commencer les épreuves, est de 15 kg.

La charge minima que doit supporter un barreau quelconque isolé est de 16 kg. et la charge moyenne exigée pour l'ensemble des barreaux afférents à un même lot, est de 18 kg.

Chaque épreuve est faite seulement sur un seul barreau sain de chaque espèce; si l'un des barreaux est brisé dans l'épreuve qui lui est relative, la coulée entière dont il provient doit être refusée.

Les pièces moulées doivent être exemptes de gouttes froides, soufflures, gravelures ou autres défauts susceptibles d'altérer leur résistance ou leur forme.

Le moulage doit être exécuté avec beaucoup de soin; les pièces sont, après le moulage, parfaitement ébarbées au burin et à la lime.

Chemins de fer de l'État. — Les fontes employées pour le moulage des pièces de diverses natures entrant dans la construction du matériel seront exclusivement de deuxième fusion et de première qualité; elles devront présenter à la cassure un grain gris fin serré et homogène et se travailler facilement à la lime.

Les pièces moulées devront être exemptes de gouttes froides, soufflures, gravelures, toiles ou autres défauts susceptibles d'altérer leur résistance ou leur forme.

Le moulage sera exécuté avec beaucoup de soin et les pièces seront parfaitement ébarbées au burin et à la lim.

La ténacité et l'élasticité du métal seront constatées par des épreuves à froid, au choc ou à la traction. Ces épreuves seront faites sur des barreaux coulés en même temps que les pièces.

Les barreaux d'épreuve auront la forme de prismes à base carrée. Ils seront terminés par des appendices disposés pour recevoir l'application des efforts de traction.

Quatre barreaux seront coulés pour chaque fusion; deux pour chacune des épreuves ci-après indiquées.

Un barreau de 40 mm. d'équarrissage et de 200 mm. de longueur, placé horizontalement sur deux couteaux espacés de 160 mm., devra supporter, sans se rompre, le choc

Digitized by Google

d'un mouton de 12 kg., tombant librement sur le barreau, au milieu de l'intervalle des points d'appui, d'une hauteur de 400 mm.; s'il s'agit de pièces de fonte d'un moulage difficile et pour lesquelles la résistance n'a pas d'importance, la hauteur pourra être réduite à 350 mm. sur autorisation spéciale.

L'enclume supportant les couteaux devra présenter un poids d'au moins 800 kg.

Un barreau cylindrique de 30 mm. de diamètre et de 200 mm. au moins de longueur utile, sera soumis à des efforts de traction dans les conditions indiquées ci-dessous :

La charge initiale en kilogrammes par millimètre carré de section par laquelle on devra commencer les épreuves, sera de 12 kg.

La charge minimum que devra supporter un barreau quelconque isolé sera de 16 kg.

Chaque épreuve sera faite seulement sur un seul barreau sain de chaque espèce.

Chemin de fer de Paris a Orléans. — Les cylindres pour segments de piston seront en fonte de première qualité, grise, tenace, douce à travailler au burin et à la lime et présentant à la cassure un grain fin, serré et homogène.

Ils devront pouvoir se travailler au tour sans s'égrener et prendre facilement sous l'outil un poli sans piqûres.

Ils seront exempts de soufflures, gouttes froides, gravelures, reprises de coulée ou autres défauts pouvant nuire à leur emploi.

Les noyaux seront parfaitement centrés de manière à assurer la régularité d'épaisseur des parois.

Les cylindres seront livrés bien nettoyés et soigneusement ébarbés.

La qualité de la fonte sera constatée au moyen d'épreuves à froid, par choc, par traction et par flexion.

Les épreuves par choc seront faites avec des barreaux bruts coulés en même temps que les cylindres et ayant 40 mm. d'équarrissage et 200 mm. de longueur.

Ces barreaux reposant horizontalement sur deux couteaux espacés de 16 mm. et fixés à une masse métallique pesant au moins 800 kg., devront supporter sans se rompre le choc d'un mouton de 12 kg. tombant librement d'une hauteur de 400 mm. au milieu de de l'intervalle des points d'appui.

Le mouton devra présenter à sa partie inférieure une forme cylindrique de 50 mm. de rayon au plus et dont la génératrice sera perpendiculaire à la longueur des barreaux posés sur les appuis.

Les épreuves par traction seront faites soit avec des barreaux cylindriques de 40 mm. de diamètre et de 200 mm. de longueur, coulés en même temps que les cylindres et tournés pour fournir des éprouvettes d'environ 20 mm. de diamètre; soit avec des éprouvettes découpées à froid dans les cylindres et ayant au moins 5 mm. d'épaisseur et 12 mm. de largeur.

La résistance la plus petite qu'un barreau quelconque devra donner dans ces épreuves par traction sera de 16 kg. par millimètre carré de section.

Les épreuves par flexion seront faites dans les conditions ci-dessous :

Dans chaque dizaine de cylindres, on en choisira un dans lequel on découpera deux couronnes qui seront tournées sur leur quatre faces et qui, complètement terminées de tour, devront avoir : 15 mm. d'épaisseur (mesurée dans le sens du rayon); 26 mm. de largeur (mesurée dans le sens de la génératrice).

Ces couronnes seront ensuite ouvertes, par 2 traits de scie, sur une longueur de 25 mm.

Préparée comms il vient d'être dit, chaque couronne sera suspendue à un point fixe, puis chargée de poids successifs jusqu'au moment où se produira la rupture.

La traction sera produite suivant un diamètre perpendiculaire à celui passant par le milieu de l'ouverture ménagée dans la couronne, de sorte que, par l'addition successive de poids, cette ouverture augmente. Elle sera mesurée jusqu'à ce que la rupture se produise

Au moment de la rupture, les charges et les ouvertures de chacune des couronnes essayées ne devront pas être inférieures aux charges et aux ouvertures indiquées dans le

Digitized by Google

tableau ci-dessous en regard des diamètres que pourront avoir les couronnes prêtes à être essayées.

En outre, pour les couronnes d'un même lot, les moyennes des charges de rupture et des ouvertures ne devront pas être inférieures aux moyennes des charges et des ouvertures également indiquées ci-dessous :

DIAMÈTRE EXTÉRIEUR des couronnes terminées de tour.	CHARGE DE RUPTURE		OUVERTURE A LA RUPTURE	
	Minimum.	Moyenne.	Minimum.	Moyenne.
Millimètres.	Kilogrammes.	Kilogrammes.	Millimètres.	Millimètres.
388	120	125	95	125
408	110	115	100	130
428	105	110	105	135
448	100	105	115	145
458	95	100	120	150
488	90	95	130	160
508	87	92	140	170
528	85	90	150	175

232. Fers et aciers de forge. — Barres et profilés. — CHEMINS DE FER DE L'OUEST. — Les fers et aciers en barres et les fers et aciers profilés devront être parfaitement sains et homogènes, exempts de criques, gerçures, pailles, repliures, manques de matière, soufflures ou autres défauts pouvant nuire à leur solidité ou à leur aspect. Les fers profilés devront être bien parés, bien calibrés et bien dégauchis dans toute leur longueur, coupés d'équerre ; les rives seront franches, bien ébarbées ; les congés seront bien remplis.

Les fers en barres et les fers profilés sont classés, au point de vue de la qualité, en 5 catégories, savoir : le *fer ordinaire*, le *fer fort*, le *fer supérieur*, le *fer fin*, le *fer spécial;* les aciers en barres et les aciers profilés sont classés en quatre catégories, savoir : l'*acier dur*, l'*acier demi-doux*, l'*acier doux* et l'*acier extra-doux*.

Des essais à la traction seront faits à raison d'une barre par lot et au moins une barre par lot de 40 barres pour le fer et une barre par coulée et au moins une barre par lot de 40 barres pour l'acier.

On prélèvera, dans chaque barre choisie pour les essais à la traction, une éprouvette à section rectangulaire ou circulaire, suivant les cas, de 200 mm. de longueur utile ayant une section de 200 mm² ou se rapprochant le plus possible de ce chiffre, dans le cas où les dimensions de la pièce ne permettraient pas de l'atteindre.

Cette éprouvette sera découpée et façonnée entièrement à froid. Pour les larges plats, les bandes servant à la confection des éprouvettes devront avoir une largeur supérieure à celle des éprouvettes d'une quantité au moins égale à deux fois leur épaisseur. Dans aucun cas, les bandes ou morceaux prélevés dans les barres pour la confection des éprouvettes ou les éprouvettes elles-mêmes ne devront être réchauffés, trempés, recuits ou martelés, ni être l'objet d'aucune préparation susceptible de modifier la nature du métal. Toutefois, le redressement des bandes ou morceaux destinés à la préparation des éprouvettes, lorsqu'il sera nécessaire, pourra être fait à chaud à l'aide du marteau ou du maillet à une température ne dépassant pas le rouge sombre.

Les repères extrêmes devront être placés à une distance des attaches ou des congés des têtes au moins égale au diamètre ou au plus grand côté de la section transversale de l'éprouvette.

Toutefois, pour les éprouvettes à section rectangulaire d'épaisseur inférieure à 5 mm. terminées par des têtes, les repères devront être tenus à 10 mm. au plus des têtes ; ces dernières devront avoir une largeur égale à environ deux fois celle de l'éprouvette et

Digitized by Google

une longueur au moins égale à leur largeur; en outre, elles seront raccordées par un congé compris entre la tête et le repère ; ce congé, tangent au corps de l'éprouvette, sera formé par un arc de cercle de 6 mm. de rayon.

Les charges de rupture par millimètre carré de section et les allongements, mesurés sur les 100 mm. comprenant le point de rupture, devront atteindre au moins les valeurs qui sont indiquées dans le tableau ci-après :

FERS

Fer fort.	Fer fort supérieur.	Fer fin.	Fer spécial.
Charge de rupture : 32 kg. Allongement : 12 0/0.	Charge de rupture : 33 kg. Allongement : 15 0/0.	Charge de rupture : 34 kg. Allongement : 20 0/0.	Charge de rupture : 38 kg. Allongement : 25 0/0.
Cette catégorie comprend, d'une manière générale, toutes les pièces soumises à des efforts peu considérables.	Cette catégorie comprend les fers profilés soumis à des efforts notables.	Cette catégorie comprend, d'une manière générale, toutes les pièces soumises à de grands efforts ou susceptibles d'être travaillées à froid.	Cette catégorie comprend les pièces soumises à de très grands efforts.

ACIERS

Acier dur.	Acier demi-doux.	Acier doux.	Acier extra-doux.
Charge de rupture : 70 kg. Allongement : 15 0/0.	Charge de rupture : 50 kg. Allongement : 20 0/0.	Charge de rupture : 45 kg. Allongement : 25 0/0.	Charge de rupture : 38 kg. Allongement : 32 0/0.
Cette catégorie comprend surtout les pièces soumises à de grands efforts et à des frottements.	Cette catégorie comprend les pièces soumises à de très grands efforts.	Cette catégorie comprend les pièces soumises à de très grands efforts.	Cette catégorie comprend les pièces nécessitant l'emploi d'un métal résistant malléable et soudable.

Toutefois, il sera admis une tolérance de 2 kg. sur la charge de rupture et de 2 0/0 sur l'allongement, à condition que chaque kilogramme en moins sur la charge de rupture soit compensé respectivement par 1 0/0 en plus sur l'allongement, et que chaque centième en moins sur l'allongement soit compensé par 1 kg. en plus de charge de rupture.

En ce qui concerne l'essai de soudabilité, deux portions d'une même barre de fer ou d'acier extra-doux seront soudées à chaude portée ; puis on confectionnera, comme il est dit ci-dessus, une éprouvette d'essai à la traction comprenant la soudure.

Les résultats de l'essai à la traction ne devront pas être inférieurs à ceux qui définissent la qualité du métal de plus de 5 0/0 pour les charges de rupture et 10 0/0 pour les allongements.

Les fers et aciers carrés et ronds et les fers et aciers plats dont l'épaisseur est supérieure à 10 mm. ou dont la largeur n'excède pas 8 fois l'épaisseur, seront soumis aux essais d'élargissement au mandrin (1°) et de rabattement (2°) indiqués ci-après :

1° Le fer ou l'acier, chauffé au blanc, sera percé pendant la même chaude, au poinçon conique, de deux trous circulaires espacés de 10 mm. et ayant des diamètres égaux à la moitié de la largeur de la barre pour le *fer fort* et le *fer fort supérieur*, et aux trois quarts de cette largeur pour le *fer fin*, le *fer spécial*, l'*acier doux* et *extra-doux*. Les deux trous devront pouvoir être percés sans qu'il se manifeste aucune crique, gerçure ou aucun indice de rupture, bien que le deuxième trou ne soit terminé qu'au rouge sombre.

2° L'extrémité de la barre, chauffée au blanc, sera fendue à la tranche sur une longueur de 100 mm. ; les deux parties seront écartées puis rabattues au marteau : pour le *fer fort*, jusqu'à ce que l'une d'elles soit repliée d'équerre sur la barre ; pour le *fer fort*

Digitized by Google

supérieur, le *fer fin*, le *fer spécial*, l'*acier doux* et *extra-doux*, jusqu'à ce que l'autre branche vienne s'appliquer sur la barre. La fente pratiquée à la tranche ne devra pas se prolonger pendant cet essai.

Les *aciers demi-doux*, *doux* et *extra-doux* en barres ou profilés ne devront pas pouvoir prendre la trempe ; en conséquence, les éprouvettes ayant servi aux essais à la traction de ces aciers, chauffées au rouge cerise un peu sombre et plongées dans de l'eau à 28°C. devront pouvoir être attaquées par une lime douce.

Chemins de fer de l'Est. — Les fers de forge sont classés en cinq qualités, savoir :

Indices : R. *Qualité spéciale à rivets dite « Fer de Suède » ;* B. *Première qualité dite « Fer fin au bois » ;* S. *deuxième qualité dite « Fer fort supérieur » ;* F. *Troisième qualité dite « Fer fort » ;* O. *Quatrième qualité dite « Fer ordinaire ».*

Chaque qualité se subdivise elle-même en trois catégories : *Fers à grain*, *Indice* G ; *Fers à nerf*, *Indice* N. ; *Fers mixtes*, *Indice* M.

Les barres seront en fer soudé obtenu par *puddlage* et *paquetage*, à l'exclusion formelle et absolue de tout métal fondu, de dénomination quelconque, acier doux, fer homogène ou autres.

La surface des fers de forge doit être unie et saine, sans présenter sur quelque point de la longueur aucune trace de fentes, criques, gerçures, pailles ou autres défauts préjudiciables.

Les barres doivent être parfaitement calibrées sur toute leur longueur.

Il est admis une tolérance de 1/25 en plus ou en moins sur les dimensions de section (largeur, épaisseur ou diamètre) des fers dont l'épaisseur se trouve au-dessous de 5 mm. Pour les fers de plus forte épaisseur ou de plus fort diamètre, la tolérance maximum est de 1/50 en plus ou en moins.

Dans les fers ronds l'ovale est limité à l'écart ci-dessus.

Essais. — Les essais auront lieu proportionnellement par quantités présentées de : Indice R : 500 kg. ; Indice B : 2 000 kg. ; Indice S : 3 000 kg. ; Indice F : 4 000 kg. ; Indice O : 5 000 kg.

La série des essais à effectuer par lot est la suivante :

1° Épreuves à chaud.
- Une épreuve de rivets (sur les fers de qualité spéciale R seulement).
- (*e*) — de crochets.
- (*f*) — de rabattement.
- — de trous.

2° Épreuves à froid.
- (*d*) Une épreuve de texture.
- — de rivets (sur les fers de qualité spéciale R seulement).
- (*g*) — de pliage à froid (lorsque les épreuves à chaud ne peuvent avoir lieu).

Une épreuve par traction.
- (*a*) Sur un barreau découpé dans les barres brutes telles qu'elles sont présentées.
- (*b*) (Lorsque la section le permet), sur un barreau ramené par laminage à une forme ronde ou ogivale de 25 à 30 mm. et tourné aux cotes définitives de l'éprouvette.
- (*c*) Sur un barreau rompu en deux parties, ressoudé, forgé et façonné aux cotes définitives de l'éprouvette. (Cet essai a lieu selon la section du fer, soit sur un morceau laminé (*b*), soit sur un morceau brut (*a*).

Digitized by Google

Pour l'étude spéciale des textures, il n'est fait que l'épreuve spéciale (*d*), et pour les essais par échantillons, que les épreuves (*e*) (*f*) (*g*).

Épreuve spéciale de fers pour rivets (*R*). — Suivant les diamètres, des têtes de rivets ayant les dimensions indiquées ci-après devront pouvoir être obtenues à chaud et à froid sans criques ni gerçures :

DIAMÈTRE DES FERS	DIMENSIONS DES TÊTES			
	1° A CHAUD		2° A FROID	
	Diamètres.	Hauteurs.	Diamètres.	Hauteurs.
Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.
21,5 et 22,5	40	16	32	10
19,5	38	15	30	8
17,5	33	15	28	7
14,5	30	11	23	6

Épreuve de rabattement à chaud. — Le morceau d'essai est préalablement forgé à l'extrémité en un rondin de 0,200 m. de diamètre sur une longueur de 0,200 m. Ce rondin porté au blanc soudant est rabattu en son milieu de façon à former un crochet à l'équerre, dont l'angle intérieur aura pour rayon du congé la moitié du diamètre, soit 10 mm.

En une seule chaude, ce crochet est redressé, puis reformé en sens inverse et ainsi de suite jusqu'à la rupture de l'extrémité de l'éprouvette.

Le nombre minimum de redressements doit être respectivement de :

Indice R, 20 ; Indice B, 10 ; Indice S, 8 ; Indice F, 6 ; Indice O, 0,4.

Épreuve de rabattement à chaud. — Cette épreuve doit avoir lieu sur les fers carrés et plats en une seule chaude sans crique ni fissure. L'éprouvette choisie pour essai est portée au blanc soudant, l'une de ses extrémités est fendue sur plat à la tranche sur une longueur de 0,100 m. limitée par un petit trou.

Les deux parties ainsi formées sont ensuite renversées au marteau. Pour les trois premières qualités de fers, les bords renversés viennent s'appliquer sur les faces de la barre éprouvée ; pour la quatrième qualité, ces mêmes bords sont seulement rabattus à angle droit.

Lorsque la largeur du fer à essayer sera supérieure à huit fois l'épaisseur, l'épreuve de rabattement aura lieu de la façon suivante :

L'éprouvette choisie sera portée au blanc soudant, puis fendue sur plat, à la tranche, de chaque côté, sur une largeur égale à trois fois l'épaisseur du fer.

Les parties latérales seront, suivant les qualités, rabattues sur champ dans les conditions définies ci-dessus, mais la partie centrale sera dans l'autre sens également rabattue à bloc pour les trois premières qualités, ou à angle droit pour la quatrième.

Épreuves des trous à chaud. — Cette épreuve a lieu sur les fers carrés, ronds et sur les fers plats dont une des dimensions ne dépasse pas huit fois l'autre ou dont l'épaisseur ne sera pas moindre de 10 mm.

Les fers carrés et ronds sont préalablement ramenés par forgeage à une section rectangulaire égale, en épaisseur, au tiers du côté du carré ou du diamètre primitif.

L'éprouvette portée au blanc soudant doit pouvoir être percée pendant la même chaude au poinçon conique, de deux trous espacés de 10 mm. et ayant chacun, par rapport à

Digitized by Google

la largeur du fer essayé, un diamètre égal à 0,85 de cette largeur, pour le fer spécial à rivets, à 0,75 pour les fers de première et de deuxième qualité et à la moitié seulement pour les fers de troisième et quatrième qualité sans qu'il se manifeste de fente ni gerçure, bien que le deuxième tour ne soit terminé qu'au rouge sombre.

Épreuve de texture. — Les barres sont entaillées au burin ou à la tranche, puis rompues brusquement par des coups de marteau à devant, frappés en porte à faux ; les cassures doivent être sans défaut et donner la caractéristique de la texture demandée, soit : pour les fers à grain, un grain demi-fin de couleur gris clair, uniforme, sans facettes larges et brillantes ; pour les fers à nerf, un nerf blanc, délié, allongé sans éclat, sans fibres courtes ni noirâtres.

Épreuve de pliage à froid. — Les fers réduits par laminage ou forgeage à un diamètre de 20 à 25 mm. et ceux dont les dimensions ne permettent pas d'effectuer les essais à chaud devront supporter sans gerçures, déchirures, ni défauts quelconques un pliage et un redressement dans les conditions ci-dessous :

Fers à rivets, angle minimum.	15°, R = e	Angle de redressement 180° (2)	R = rayon de raccordement des 2 branches de l'angle.
Fers de 1re qualité.	30°, R = e		e = épaisseur ou diamètre du fer.
— 2e —	60°, R = 1,5 e		(2) non imposé pour les fers dont $e > 12$ mm.
— 3e —	90°, R = 2 e		
— 4e —	120°, R = 3 e		

Épreuves par traction. — A l'exception des barreaux bruts, les éprouvettes découpées auront une partie calibrée, faite soit au tour, soit à la raboteuse, de longueur suffisante pour les relevés d'allongement et dont les sections seront de 300 à 400 mm². (Pour la section circulaire, diamètre variant de 20 à 22, 5 mm ; côté de 20 mm. maximum, rectangulaire 20 mm. de largeur sur l'épaisseur du fer).

Les allongements seront relevés pour chaque section de barreau d'essai d'après la formule $l = \sqrt{100\,S}$, l distance entre repères, S surface de la section soumise à l'essai.

Les conditions d'essais sont les suivantes :

DÉSIGNATION DES FERS	CHARGES EN KG pour 1 mm² de la section primitive.		ALLONGEMENTS 0/0 relevés sur une longueur calibrée de 0,200.	
	Minima.	Moyennes.	Minima.	Moyens.
	Kg.	Kg.	0/0	0/0
Fer spécial à rivets ou fer de Suède. . . . R	28	30	30	32
Fer de 1re qualité ou fer fin au bois. . . . B	35	37	20	23
— 2 — fort supérieur. . . S	34	36	15	18
— 3e — fort . . . . . F	32	35	12	15
— 4e — ordinaire . . . . . O	30	33	10	12

Les épreuves sur barreaux laminés (*b*) devront donner, par suite même du laminage effectué, des résultats toujours supérieurs à ceux des barreaux essayés bruts ou découpés à froid (*a*).

Pour éprouver la soudabilité et la permanence de la texture du fer malgré l'action de la chaleur, les morceaux choisis pour l'essai de soudabilité qui se trouvent déjà à section

Digitized by Google

convenable ou qui y ont été ramenés par laminage, s'il y a lieu, comme il est dit ci-dessus pour les éprouvettes non soudées, seront tronçonnés en leur milieu et les deux parties réunies bout à bout par une soudure, dite par amorce et à chaude portée.

L'éprouvette façonnée ensuite pour l'essai devra avoir sa soudure comprise entre les points de repères servant à mesurer l'allongement.

Ne seront pas soumis à l'essai de soudabilité :

1° Les fers plats de 9 mm. d'épaisseur et au-dessous ;

2° Les fers carrés et les fers ronds ou demi-ronds dont la section est inférieure à 200 mm².

Ces éprouvettes avec soudure ne doivent pas donner des résultats inférieurs de plus de 5 0/0 pour la résistance et de 25 0/0 pour l'allongement, aux conditions exigées pour les éprouvettes prises dans le corps des barres des mêmes fers et indiquées au tablea ci-dessus.

A cet effet, deux nouveaux repères seront pointés sur l'éprouvette, l'un à droite, l'autre à gauche, à une distance de la naissance des congés des têtes égale à la largeur de la section utile et, de chacun d'eux pris pour origine, l'agent délimitera la longueur calculée reportée de chaque côté de façon à choisir celui des deux écartements de repères qui renfermera la section de rupture.

Lorsque la fabrication sera courante, régulière, en bonne marche et que les épreuves donneront des résultats satisfaisants, le nombre des essais pourra être réduit.

La Compagnie restera seule juge de l'application de cette réduction.

Chemin de fer de Paris a Orléans. — *Fers.* — La texture des fers sera à grain, nerf, ou mixtes.

Le grain sera uniforme, demi-fin et et ne présentera pas de facettes brillantes et larges.

Le nerf sera blanc sans éclat, délié, allongé ; les fibres ne seront ni courtes, ni noirâtres.

La surface des fers laminés et profilés sera parfaitement unie et saine ; ces fers ne devront présenter ni fentes, ni criques, ni gerçures ou autres défauts pouvant nuire à leur apparence ou à leur solidité.

Les barres seront bien dressées et calibrées, sur toute leur longueur, et leurs extrémités seront affranchies carrément et sans bavures.

La qualité des fers est constatée par des essais de traction faits sur des barreaux à froid dans les barres.

La longueur de la partie soumise à l'essai est de 200 mm. entre repères.

La forme des barreaux est cylindrique, de 16 mm. de diamètre pour l'essai des fers ronds, ainsi que des fers carrés ou plats de 20 mm. d'épaisseur et au-dessus.

Pour les fers carrés et plats d'épaisseur inférieure à 20 mm. et pour les fers profilés, la forme des barettes est rectangulaire, l'épaisseur est égale à celle du fer et la largeur à 25 mm. si la section de la barre le permet.

En outre de ces essais à la traction, il pourra être fait tels essais que la Compagnie jugera nécessaires en vue de constater la malléabilité à chaud et la soudabilité des fers. De plus. les fers ronds, carrés ou plats avec épaisseur d'au moins 8 mm. ou 1/8 de la largeur, de la catégorie P. O. 3, seront soumis aux deux essais à chaud indiqués ci-dessous.

Pour subir ces essais, les fers ronds seront préalablement aplatis à la forge, de telle sorte que leur épaisseur soit égale au tiers du diamètre primitif.

1° *Essai à chaud.* — L'extrémité de la barre à essayer est chauffée au blanc et percée, avec un poinçon conique et dans la même chaude, de deux trous dont les diamètres sont égaux aux 3/4 de la largeur et qui sont séparés par une épaisseur de matière de 10 mm. Le percement de ces deux trous ne doit produire ni fentes, ni gerçures, bien que le deuxième ne soit achevé qu'au rouge sombre.

Digitized by Google

2° *Essai à chaud.* — L'extrémité de la barre à essayer est chauffée au blanc et fendue à la tranche au milieu de la largeur sur 100 à 150 mm. et ensuite les deux branches sont renversées au marteau dans la même chaude, jusqu'à ce que les bords extérieurs viennent s'appliquer sur le corps de la barre.

TABLEAU DES CONDITIONS D'ESSAI

(LES VALEURS R. A. S. SONT DES MINIMUMS)

1° *Fers de forge, fers laminés, ronds, carrés, plats, avec épaisseur d'au moins 8 millimètres ou 1/8 de la largeur.*

NUMÉRO de CATÉGORIE	CONDITIONS GÉNÉRALES DE RÉCEPTION				
	ESSAIS DE TRACTION				ESSAIS DIVERS
	Résistance par mm² R	Allongement 0/0 A	Striction 0/0 S	Valeur de R + S	
	Kil.				
P. O. . 1	28 à 32	6 à 10	15	43 à 47	
P. O. . 2	32 à 35	15 à 18	30	62 à 65	Doit être homogène et très facile à souder.
P. O. . 3	35 à 40	23 à 20	50	85 à 90	Doit être très homogène et pouvoir se souder parfaitement.

2° *Fers profilés et plats avec épaisseur d'au plus 8 millimètres ou 1/8 de la largeur.*

NUMÉRO de CATÉGORIE	CONDITIONS GÉNÉRALES DE RÉCEPTION				
	ESSAIS DE TRACTION				ESSAIS DIVERS
	Résistance par mm² R	Allongement 0/0 A	Striction 0/0 S	Valeur de R + S	
	Kil.				
P. O. . 1	28 à 32	6 à 10	15	43 à 49	En long. Pour les fers plats de 3 mm. d'épaisseur et au-dessous, les essais de traction seront remplacés par les essais de pliage ci-contre.
P. O. . 2	32 à 34	10 à 12	20	52 à 54	
P. O. . 3	34 à 36	12 à 18	25	69 à 71	

Dans cet essai, la fente pratiquée à la tranche ne doit pas se prolonger et il ne doit pas se produire de gerçures.

Acier. — Les barres seront à grain fin, régulier et homogène.

Digitized by Google

La surface des aciers laminés et profilés sera parfaitement unie et saine ; ces barres ne devront présenter ni gales, ni criques, ni gerçures ou autres défauts pouvant nuire à leur apparence ou à leur solidité.

Les barres seront bien dressées et calibrées sur toute leur longueur, et leurs extrémités seront affranchies carrément et sans bavures.

Les barres laminées et profilées sont classées en cinq catégories pour chacune desquelles sont imposées des conditions de résistance, d'allongement et de striction indiquées dans le tableau ci-après.

Pour les aciers qui pourraient exceptionnellement être demandés avec une résistance supérieure à 60 kg. par millimètre carré, les conditions de réception seraient indiquées sur les commandes.

La qualité des aciers est constatée par des essais de traction faits sur des barreaux découpés à froid dans les barres et recuits.

La longueur de la partie soumise à l'essai est de 20 mm. entre repères.

La forme des barreaux est cylindrique, de 16 mm. de diamètre pour l'essai de tous les aciers ronds ainsi que des aciers carrés ou plats de 20 mm. d'épaisseur et au-dessus.

Pour les aciers carrés et plats d'épaisseur inférieure à 20 mm. et pour les aciers profilés, la forme des barettes est rectangulaire, l'épaisseur est égale à celle de la barre, et la largeur a 25 mm. si la section de la barre le permet.

TABLEAU DES CONDITIONS D'ESSAI

(LES VALEURS POUR R. A. S. SONT DES MINIMUMS)

NUMÉRO de CATÉGORIE	CONDITIONS GÉNÉRALES DE RÉCEPTION				
	ESSAIS DE TRACTION SUR BARREAUX RECUITS				ESSAIS DIVERS
	Résistance par mm² R	Allongement 0/0 A	Striction 0/0 S	Valeur R + S	
	Kil.				
P. O. . 1	38 à 40	27 à 25	60	98 à 100	Un barreau forgé, formé de 2 bouts soudés de 20 mm. de diamètre et trempé, doit pouvoir se plier à froid à bloc à l'endroit de la soudure.
P. O. . 2	40 à 45	25 à 22	60 à 65	100	Doit pouvoir se souder et cémenter. Un barreau forgé, formé de deux bouts soudés de 20 mm. de diamètre et recuit, doit pouvoir se plier à bloc à l'endroit de la soudure.
P. O. . 3	45 à 50	22 à 20	55 à 50	100	Un barreau de 15 mm. d'épaisseur et de 30 mm. de large doit pouvoir, non trempé, se plier à bloc.
P. O. . 4	50 à 55	20 à 18	50 à 45	100	
P. O. . 5	55 à 60	18 à 15	45 à 40	100	

En outre de ces essais imposés, il pourra être fait tels essais que la Compagnie jugera nécessaires en vue de constater la malléabilité à froid ou à chaud, et la ténacité des aciers.

Digitized by Google

Midland Ry. *Acier pour bielles.* — Le métal (acier Siemens-Martin) devra présenter une résistancee à la rupture de 55 kg. par millimètre carré au minimum avec 33 0/0 d'allongement ; il devra pouvoir supporter un pliage à bloc à froid sans qu'il se manifeste de trace de déchirure.

Acier pour tiges de piston et glissières. — Le métal sera fondu au creuset et devra présenter une résistance à la traction de 65 kg. par millimètre carré avec 20 0/0 d'allongement. Le métal sera recuit.

233. Bronzes, laitons et alliages divers. — Sans présenter pour le moment aucunes considérations comparatives sur la valeur des différents alliages, nous résumerons la pratique de quelques grandes administrations de chemins de fer.

Chemins de fer de l'Ouest. — Les pièces en bronze, laiton et alliages divers devront avoir la composition indiquée sur la commande ou les dessins ; toutefois, il sera accordé les tolérances ci-après :

1° 1 0/0 en plus ou en moins du poids total de l'alliage sur les teneurs de chacun des métaux constitutifs, égales ou supérieures à 30 0 0, et 1/2 0/0 dans les mêmes conditions, sur les teneurs inférieures à 30 0/0 ;

2° 1 0/0 du poids total de l'alliage en matières étrangères (métaux et métalloïdes), à l'exclusion de l'arsenic et du soufre pour tous les alliages et, en outre, de l'antimoine pour les bronzes et les laitons.

Les pièces en bronze, laiton et alliages divers devront être saines, exemptes de soufflures, dartres, gouttes froides, être parfaitement homogènes, de façon à présenter une composition identique dans toutes leurs parties ; celles qui seront moulées devront être ébarbées, essablées et décapées avec soin ; celles qui seront laminées, étirées, martelées, étampées, ajustées, etc., devront être lisses, exemptes de pailles, criques, fissures et repliures ; en un mot, les pièces en question devront être exemptes de tous défauts pouvant nuire à leur solidité ou à leur aspect.

L'épreuve suivante sera faite sur les planches laminées en laiton à raison de une planche par lot et au moins une planche par lot de 50 planches.

On confectionnera à froid une calotte sphérique de 200 mm. de diamètre et 120 mm. de flèche pour les planches de toutes épaisseurs.

Les planches en laiton devront pouvoir supporter cet essai sans qu'il s'y manifeste aucune crique, gerçure, dessoudure ni aucun indice de rupture.

COMPOSITION DES ALLIAGES

I. *Bronze.*

	TENEURS 0/0		
	Cuivre.	Étain.	Zinc.
Tiroirs, coussinets divers de machines et wagons, bagues de presse-étoupes	84	14	2
Colliers d'excentriques, presse-étoupes, divers :			
Thermo-siphons (bronze ordinaire)	90	8	2
— (bronze à braser)	93	5	2
Robinets { Clés	88	9	3
Robinets { Boisseaux	84	12	4
Poches de vidange	94	6	»

Digitized by Google

II. *Laitons.*

Tubes à fumée	cuivre 70,	zinc 30
Fil	cuivre 70,	zinc 30
Feuilles	cuivre 67,	zinc 33

III. *Métal blanc.*

RÉGULE POUR COUSSINETS, TIROIRS, etc.

Cuivre	9
Etain	78
Antimoine	13

GARNITURES DES TIGES DE PISTONS ET DE TIROIRS, COLLIERS D'EXCENTRIQUE

Plomb	60
Etain	32
Cuivre	5
Antimoine	3

MÉTAL BLANC, COUSSINETS DE BOITES A HUILE

Etain	83,3
Antimoine	11,1
Cuivre	5,6

CHEMINS DE FER DE L'EST. — La composition du bronze employé pour les coussinets, tiroirs, bagues et pièces sonmises au frottement est celle qui correspond au titre N° 1 du tableau suivant. Pour la robinetterie, on emploie celle qui figure sous le N° 2.

	N° 1	N° 2
Cuivre rouge	84	90
Etain	16	10
	100	100

La composition du laiton est la suivante :

Cuivre rouge	68	100
Zinc	32	

Les quatre types de métal blanc sont indiqués ci-après avec leur usage.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
	L'ALLIAGE N° 1 est employé pour les colliers d'excentriques et les tiroirs.	L'ALLIAGE N° 2 est en usage pour les coulisseaux de têtes de piston et pour les coussinets de bielles et de boîtes à l'huile.	L'ALLIAGE N° 3 est spécial pour les garnitures métalliques.	L'ALLIAGE N° 4 sert pour les coussinets de boîtes à l'huile, pour ceux des grosses têtes de bielles motrices, pour les machines lourdes et G. V.
Plomb	70	65	80	0,-
Antimoine	20	25	8	11,12
Etain	10	0	12	83,33
Cuivre rouge	0	10	0	5,55
TOTAUX	100	100	100	100,-

Digitized by Google

CHEMINS DE FER DE P.-L.-M. — Cette Compagnie emploie les alliages suivants :

		QUANTITÉS DES DIVERS MÉTAUX 0/0 D'ALLIAGE				
		Cuivre.	Étain.	Zinc.	Plomb.	Nickel.
Bronzes	Titre n° 1.	82	16	2		
	— n° 2.	84	14	2		
	— n° 3.	90	8	2		
	— n° 4.	87	10	3		
	— n° 5.	86,5	9	2	2,5	
Laitons	Titre n° 1.	70		30		
	— n° 2.	67		33		
	— n° 3.	65		35		
	— n° 4.	63		37		
Maillechort	Titre n° 1.	60		20		20
	— n° 2.	58		24		18
	— n° 3.	54		30		16

Alliages blancs pour garnitures, etc.

		QUANTITÉS DES DIVERS MÉTAUX 0/0 D'ALLIAGE					
		Cuivre.	Étain.	Zinc.	Nickel.	Plomb.	Antimoine.
Alliages blancs.	Titre n° 1.	5	71				24,
	— n° 2.	5,555	83,333				11,111
	— n° 3.		25,6			70,4	4
	— n° 4.		14			76	10
	— n° 5.		10			70	20

CHEMINS DE FER DE PARIS A ORLÉANS. — Les constructeurs se conformeront rigoureusement aux indications ci-après, pour la composition des bronzes, cuivres, laiton et alliages :

Titre n° 1. Bronze dur. — Pour pièces telles que : bagues de crosses, coussinets des bielles d'accouplement, tiroirs de régulateurs, bagues et fourrures de presse-étoupes en général, semelles de crosses de pistons, guides de prolongement de tiroirs, pièces de détendeurs, cales, etc.

Cuivre rouge	82 parties.	100
Etain	15 —	
Zinc	3 —	

Titre n° 2. Bronze doux. — Pour pièces telles que : soupapes, clapets, sièges de soupapes de sûreté et de clapets ; boîtes à clapet de refoulement des injecteurs, robinets divers et leurs clés ; écrous ; rotules, poignées, volants, porte-plomb, graisseurs divers

Digitized by Google

et leurs couvercles, sifflets, injecteurs, tubulures, boîtes centrales, niveau d'eau, raccords, boules de rampes, pièces de déclics, etc.

Cuivre rouge	87 parties.	100
Etain	10 —	
Zinc	3 —	

La tolérance pour ces bronzes, dur, titre n° 1, et doux, titre n° 2, est limitée à :

Un pour cent (1 0/0) en plus ou en moins de cuivre rouge.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — d'étain.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — de plomb.
Un pour cent (1 0/0) — — de zinc.

Titre n° 3. Bronze phosphuré. — Pour pièces telles que : tiroirs de distribution, coussinets de bielles motrices, coussinets de boîtes à graisse ; etc. (Ce titre sera fait en métaux neufs.)

Cuivre phosphuré	3,50	100
Cuivre rouge	77,85	
Etain	11,00	
Zinc	7,65	

La tolérance est limitée à :

Un demi pour cent (1/2 0/0) en plus ou en moins de cuivre.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — d'étain.
Un pour cent (1 0/0) — — de zinc.

Titre n° 4. Métal de cloches. — Pour cloches de timbres et de sifflets :

Cuivre rouge	76 parties.	100
Etain	23 —	
Zinc	1 —	

La tolérance est limitée à :

Un demi pour cent (1/2 0/0) en plus ou en moins de cuivre.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — d'étain.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — de zinc.

Titre n° 5. Cuivre rouge. — Pour pièces telles que : brides du tube de communication des dômes, brides et tubulures de bouilleurs.

Cuivre rouge	97 parties.	100
Cuivre phosphuré	3 »	

La tolérance est limitée à :
Un demi pour cent (1/2 0/0) de métaux étrangers.

Laiton. Titre n° 1. — Pour pièces telles que : supports des tringles, charnières, numéros, balances, enveloppes, etc.

Cuivre	75 parties.	100
Zinc	25 —	

Digitized by Google

La tolérance est limitée à :

Un pour cent (1 0/0) en plus ou en moins de cuivre.
Un pour cent (1 0/0) — — de zinc.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — de plomb.

Alliages blancs. — Pour coussinets, colliers d'excentriqnes, etc.

Titre AB. .	Etain	73	parties.	100
	Cuivre phosphuré	4	—	
	Cuivre rouge	4	—	
	Antimoine	12	—	
	Plomb	7	—	

La tolérance est limitée à

Un pour cent (1 0/0) en plus ou en moins d'étain.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — de cuivre.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — d'antimoine.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — de plomb.

Pour alvéoles de tiroirs :

Titre D. . .	Cuivre rouge	6	parties.	100
	Etain	82	—	
	Antimoine	12	—	

La tolérance est limitée à :

Un demi pour cent (1/2 0/0) en plus ou en moins de cuivre.
Un pour cent (1 0/0) — — d'étain.
Un demi pour cent (1/2 0 0) — — d'antimoine.

Pour garnitures métalliques de robinets :

Titre E. . .	Plomb	76	parties.	100
	Etain	14	—	
	Antimoine	10	—	

Pour garnitures métalliques tubulaires de tiges de pistons, de tiroirs et de régulateurs :

Titre spécial.	Plomb	70	parties.	100
	Etain	20	—	
	Antimoine	10	—	

La tolérance est limitée pour ces deux derniers titres à :

Un pour cent (1 0/0) en plus ou en moins de plomb.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — d'étain.
Un demi pour cent (1/2 0/0) — — d'antimoine.

Chemins de fer de l'État français. — Les bronzes usités pour divers usages ont les compositions suivantes :

Digitized by Google

BRONZES		Cuivre rouge.	Étain.	Zinc.	Plomb.
	Titre n° 1.				
Pièces à frottement circulaire.	Coussinets des boîtes, des bielles, colliers d'excentriques, etc.	82	16	2	»
	Titre n° 2.				
Pièces à frottement alternatif.	Soupapes, sièges de soupapes, écrous de vis de frein, bagues de presse-étoupes, etc.	84	14	2	»
	Titre n° 3.				
Pièces non sujettes à un frottement continu.	Sifflets, godets, graisseurs, pièces des injecteurs, robinets	90	8	2	»
	Titre n° 4.				
	Bronze rouge pour pièces destinées à être brasées sur les tuyaux.	95	3	2	»

La tolérance sur les titres des alliages ci-dessus indiqués n'excédera pas un centième en plus ou en moins de la quantité fixée pour chaque nature de matière. Des échantillons seront prélevés avant tout façonnage pour être soumis à l'analyse chimique.

Le *régulage* est opéré conformément aux règles suivantes :

Les *coussinets de boîtes d'essieu* pour machines et tenders comportent un régulage spécial formé de petits tourteaux (12 à 16) de métal blanc noyés dans des évidements cylindriques (20 mm. environ) pratiqués sur la carcasse en bronze. La composition du métal blanc employé pour les macarons est :

42 parties de plomb;
42 parties d'étain;
16 parties d'antimoine.

Cependant, quelques machines ont des coussinets munis d'un régulage en métal blanc d'épaisseur uniforme (5 mm.) sur toute la surface de contact avec la fusée.

Le métal blanc est soudé à l'intérieur des coussinets et maintenu à l'aide de prisonniers en bronze emmanchés à force dans les carcasses.

Colliers d'excentriques. — Les couronnes-fourrures en bronze des colliers d'excentriques comportent un garnissage intérieur noyé en métal blanc composé de :

70 parties de plomb;
10 parties d'étain;
20 parties d'antimoine.

Garnitures métalliques. — Les garnitures Duterne, employées pour les tiges de pis-

Digitized by Google

tons et de tiroirs, ont la même composition de métal blanc que les coussinets, c'est-à-dire :

14 parties d'étain;
10 parties d'antimoine;
76 parties de plomb

Patins de crosse de piston. — Ces pièces comportent un régulage d'épaisseur uniforme sur leur surface de glissement.

Le métal blanc est maintenu adhérent au patin par trois rainures transversales pratiquées sur la surface de glissement; sa composition est de :

67 parties d'étain;
11 parties de cuivre;
22 parties d'antimoine.

234. Pièces diverses en acier moulé et en fonte malléable. — *Chemins de fer de P.-L.-M.* — Les pièces diverses en acier moulé sont fabriquées conformément aux règles suivantes :

Le métal est fondu au four, au convertisseur ou au creuset.

Les pièces sont coulées d'un seul jet avec rapidité pour éviter les reprises et les soufflures; elles sont parfaitement homogènes, dépourvues de scories ou grains durs et exemptes de tous défauts, tels que soufflures, dartres, gerçures, etc., pouvant nuire à leur solidité ou à leur emploi.

Toutes les pièces complètement refroidies après démontage sont recuites à la température rouge orange clair, soit en vase clos, soit au four, et refroidies à l'abri du contact de l'air.

Le chauffage et le refroidissement doivent être lents et progressifs.

La qualité du métal est constatée au moyen des essais ci-après :

Chaque coulée provenant soit de la charge d'un appareil unique, soit du mélange des charges de plusieurs appareils préalablement versées et mélangées dans une seule et même poche de coulée, reçoit un numéro d'ordre qu'on fait venir de fonte sur toutes les pièces et sur les lingots d'essai coulés en sable provenant de la même coulée.

Les lingots d'essai sont recuits en même temps et dans les mêmes conditions que les pièces; on y découpe des barreaux d'essai au nombre de quatre au moins pour chaque coulée : deux pour les essais à la traction, et deux pour les essais au choc; ces barreaux reçoivent également le numéro d'ordre de la coulée; ils ne subissent aucun autre travail que le découpage à la machine et le tournage; ils ne sont ni forgés, ni étirés.

Les résultats fournis par les essais à la traction, des barreaux d'une même coulée, doivent être au minimum les suivants :

Résistance à la rupture, 45 kg. par millimètre carré de la section primitive.

Allongement après rupture, 8 0/0.

Les barreaux destinés aux essais du choc ont une section de 30 mm. de côté et une longueur de 200 mm.; ils sont placés sur deux couteaux espacés de 16 cm. et fixés sur une enclume pesant au moins 350 kg.; ils sont ainsi soumis au choc d'un mouton du poids de 18 kg. tombant successivement de hauteurs croissant de 5 cm. en 5 cm. à partir de 1 m.; aucun barreau ne doit se rompre à la hauteur de chute initiale de 1 m., et la moitié au moins des barreaux essayés ne doit pas se rompre avant que la hauteur de chute du mouton ait atteint 1,50 m.

Les pièces en acier moulé sont toutes ébarbées après recuit, les masselottes sont enlevées proprement à la machine.

Il est formellement interdit de réparer, par soudure ou de quelque autre manière que ce soit, les pièces mal venues de fonderie.

Digitized by Google

La cassure des pièces doit présenter un grain fin avec arrachements. Lorsque la cassure est à gros grains ou à facettes, les pièces peuvent être refusées.

Les pièces présentant, à l'extérieur, des soufflures importantes ou des nids de soufflures nuisibles à leur aspect ou compromettant leur solidité sont refusées.

Sur chaque lot de 100 pièces ou de moins de 100 pièces présentées à la réception, il en est cassé une. La cassure doit avoir peu de soufflures.

CHEMINS DE FER DE L'EST. — En ce qui concerne la résistance et l'allongement, les pièces seront divisées en deux catégories, savoir :

1° Pièces d'un poids égal ou inférieur à 40 kg.;

2° Pièces d'un poids supérieur à 40 kg.

Les pièces de chaque catégorie devront satisfaire aux essais correspondants, définis plus loin. Elles devront, en outre, répondre aux conditions ci-après, qui sont communes aux deux catégories.

Le recuit des pièces coulées devra être exécuté avec soin, dans les meilleures conditions possibles. Essayées au burin, elles devront permettre de lever un copeau, comme on peut l'obtenir sur de l'acier ordinaire forgé ou laminé et non trempé.

Ces pièces devront être exemptes de soufflures, piqûres, gouttes froides, retassures, tapures ou autres défauts.

Les surfaces seront proprement dessablées et nettoyées, on enlèvera entièrement l'oxyde dont elles se recouvrent au recuit; les parties déformées par le retrait ou par le recuit seront convenablement dégauchies.

On coulera, en même temps que les pièces, des barreaux d'essais qui devront satisfaire aux conditions ci-après.

Le nombre de ces barreaux ne pourra excéder deux par coulée.

Pour s'assurer de la qualité des matières employées, il sera prélevé sur les pièces de la première catégorie, indépendamment des barreaux spécifiés plus haut, une pièce sur cent ou fraction quelconque de cent, au choix de l'agent réceptionnaire. En ce qui concerne les pièces de la deuxième catégorie, les essais pourront n'être effectués que sur des barreaux venus de fonte avec l'une des pièces de chaque lot de 100 ou partie quelconque de 100. Ces barreaux devront rester adhérents aux pièces elles-mêmes.

Les pièces prélevées pour essais seront cassées à froid, sans subir d'autre travail que les pièces présentées à la réception.

Les cassures devront être homogènes, avec texture à grains fins et réguliers sans soufflures.

Les éprouvettes coulées à part ou venues de fonte avec les pièces de la deuxième catégorie, pour essais de traction, auront une section carrée de 20 mm. de côté sur une longueur de 200 mm.

Elles seront essayées à l'état brut, après recuit avec les pièces elles-mêmes, sans aucun étirage ou trempage.

Lorsque les dimensions des pièces de la première catégorie le permettront, il sera prélevé dans chacune d'elles une ou deux éprouvettes qui seront aussi essayées à la traction.

Ces éprouvettes seront découpées dans la masse et terminées entièrement à froid, au moyen de machines-outils, sans aucun travail ultérieur de forgeage, laminage, trempage ou recuit.

La partie calibrée des éprouvettes aura une longueur de 200 mm. et une section carrée de 20 mm. de côté, si l'épaisseur des pièces le permet. Dans le cas où l'épaisseur d'une des pièces serait inférieure à 20 mm. l'épaisseur des éprouvettes sera égale à celle de la pièce et les allongements seront relevés, pour chaque section de barreau d'essai, d'après la formule $L = \sqrt{100\,S}$ (L, distance entre repères; S, surface de la section soumise à l'essai).

Le tableau ci-après indique, pour chacune des deux catégories de pièces définies ci-dessus :

Digitized by Google

1° La charge minimum que doit supporter une éprouvette quelconque, isolée, reconnue saine, et la charge moyenne exigée pour l'ensemble des éprouvettes afférentes à un même lot;

2° L'allongement minimum correspondant que doit présenter une éprouvette quelconque, isolée, après rupture, et l'allongement moyen exigé pour l'ensemble des éprouvettes afférentes à un même lot.

CATÉGORIE DES PIÈCES	RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ de section initiale.		ALLONGEMENT 0/0 APRÈS RUPTURE	
	Minima Essai isolé.	Moyenne sur l'ensemble.	Minima Essai isolé.	Moyenne sur l'ensemble.
	Kg.	Kg.	0/0	0/0
1re catégorie. — De 40 kg. et au-dessous . .	30	35	2	3
2e catégorie. — Au-dessus de 40 kilogr . . .	38	40	8	10

Il ne sera admis aucune tolérance au-dessous des chiffres fixés.

Chemin de fer de Paris a Orléans. — Les différentes pièces seront exécutées conformément aux dessins et aux modèles remis au fournisseur et suivant les indications des commandes.

Elles seront livrées brutes, quoique les dessins les représentent finies.

Aucune tolérance en moins ne sera admise, mais il pourra être accordé une tolérance en plus de 2 mm. (1 à 2 mm.), suivant les dimensions.

Le moulage sera exécuté avec tout le soin nécessaire.

Les surfaces seront aussi nettes que possible.

Les pièces seront exemptes de criques et leurs soufflures ou défauts, quelconques devront être sans importance au point de vue de leur emploi.

Les parties frottantes ne devront pas présenter de soufflures; elles seront indiquées sur le modèle par des étoiles «*».

Les pièces ou parties de pièces destinées à contenir des liquides devront être bien étanches.

Les pièces seront recuites si c'est nécessaire afin que leur métal ne soit pas cassant et soit doux à travailler.

Elles seront livrées soigneusement ébarbées au burin et à la lime.

L'acier moulé devra être bien homogène et malléable; sa qualité sera constatée au moyen d'épreuves à froid par choc et par traction.

Epreuves par choc. — Les épreuves par choc seront faites avec des barreaux de 40 mm. d'équarrissage et de 200 mm. de longueur coulés, en même temps que les pièces et rabotés ensuite à 30 mm. d'équarrissage.

Ces barreaux, reposant horizontalement sur deux couteaux espacés de 160 mm. et fixés à une masse métallique pesant au moins 800 kg., devront supporter sans se rompre un choc d'un mouton de 18 kg. tombant librement d'une hauteur de 1 m. 200 au milieu de l'intervalle des points d'appui.

Ces épreuves seront commencées en faisant tomber le mouton de 600 mm. de hauteur et seront continuées jusqu'à la rupture en augmentant à chaque coup la hauteur de chute de 50 mm. jusqu'à 800 mm.; de 100 mm. entre 800 mm. et 1 m. 200 et de 500 mm. à partir de 1 m. 200.

Digitized by Google

Epreuves par traction. — Les épreuves par traction seront faites, soit avec des barreaux de 30 mm. de diamètre et de 230 mm. de longueur coulés en même temps que les pièces et tournés pour fournir des éprouvettes de 100 mm. de longueur utile et d'environ 16 mm. de diamètre, soit avec des éprouvettes découpées à froid dans les pièces et ayant environ 100 mm. de longueur utile et au moins 5 mm. d'épaisseur et 12 mm.

Dans ces épreuves, l'acier coulé devra donner une résistance à la rupture d'au moins 45 kg. par millimètre carré de section avec un allongement de 10 0/0 au minimum et de plus une diminution de section à l'endroit de la rupture ou striction de 25 0/0 au moins.

Il sera fait ordinairement, pour chaque coulée, quatre barreaux, dont 2 pour chaque espèce d'épreuve.

Ces barreaux seront coulés en sable très sec et seront soumis aux mêmes opérations de recuit que les pièces de la même coulée; chacun d'eux portera le numéro de cette coulée.

Toutes les pièces provenant d'une coulée, dont les épreuves ne sont pas satisfaisantes, seront refusées.

MIDLAND RY. — Toutes les pièces en acier moulé, y compris les roues pour machines et tenders, devront être parfaitement exemptes de soufflures.

Les éprouvettes de traction devront résister à une charge de 50 kg. par millimètre carré avec 15 0/0 d'allongement au minimum.

Pièces en fonte malléable. — Bien que l'emploi de ces pièces soit peu usité dans la construction des locomotives, nous donnons ci-après un exemple résumé de spécification.

CHEMIN DE FER DE L'EST. — Le recuit donné aux pièces en fonte malléable devra être tel que celles-ci puissent être déformées à froid dans des conditions sensiblement les mêmes que des pièces similaires en fer.

Essayées au besoin, elles devront permettre de lever un copeau, comme on peut l'obtenir sur du fer de qualité ordinaire.

Les surfaces seront bien unies, sans traces de raccords de moulage, sans soufflures, piqûres, gouttes froides ou autres défauts; elles seront en outre proprement dessablées et nettoyées; la calamine, dont elles se couvrent au recuit, devra être entièrement enlevée.

Il sera prélevé pour essais de pliage à froid, texture et épreuves pour traction, si possible, *deux pièces sur cent* ou sur tout lot de moins de 100 pièces.

Les pièces prélevées pour essais seront pliées à froid, sans subir d'autre travail que les pièces présentées à la réception. Elles seront ensuite entaillées et cassées.

Les cassures devront être saines et présenter un métal homogène avec texture à grains fins réguliers et exempts de rayonnements.

Si les dimensions des pièces le permettent, il pourra être exécuté des essais de traction sur des éprouvettes découpées entièrement à froid au moyen de machines-outils, sans aucun travail de chauffage, trempage, recuit, etc.

L'éprouvette pour essai de traction aura, autant que possible, entre têtes, une partie calibrée de 200 mm. de longueur et la section de cette partie calibrée représentera un rectangle dont un des côtés aura 20 mm., et l'autre l'épaisseur de la pièce.

Les conditions sont les suivantes :

Résistance minimum : 28 kg. par mm² de la section primitive et allongement moyen 5 0/0.

L'allongement minimum pour un barreau isolé ne devra pas être inférieur à 2 0/0.

235. Tuyaux en cuivre rouge. — CHEMINS DE FER DE L'OUEST. — Il sera accordé pour les tuyaux en cuivre rouge une tolérance de 0,5 mm. en plus ou en

Digitized by Google

moins sur le diamètre extérieur et de 0,2 mm. en plus sur l'épaisseur sans tolérance en moins. Les tuyaux devront être obtenus sans soudure.

Tous les tuyaux destinés à travailler sous pression seront soumis à une pression hydraulique intérieure de 20 kg. par centimètre carré ; ils devront supporter cette pression sans qu'il se déclare ni suintement, ni trace d'altération pendant le temps nécessaire pour leur examen et, en tous cas, au moins pendant une minute.

En outre, un tuyau par lot et au moins un tuyau par lot de 20 tuyaux sera désigné par l'agent de la Compagnie et soumis aux essais suivants, qui devront tous être faits à froid :

a. — Le tuyau sera cintré suivant un cercle dont le rayon intérieur sera égal au double du diamètre du tuyau.

b. — Une collerette de 12 à 15 mm. de largeur sera rabattue à angle droit à l'une de ses extrémités.

c. — Un bout de tuyau d'au moins 100 mm., prélevé en un point quelconque de la longueur, sera sectionné suivant une génératrice, puis développé et cintré en sens inverse de la courbure primitive du tuyau.

Le tuyau devra pouvoir supporter toutes les épreuves, sans qu'il s'y manifeste aucune crique ni gerçure.

Chemins de fer de l'Est. — Le cuivre rouge doit être parfaitement pur, affiné avec le plus grand soin et ne contenir, au maximum, que 3 mm. de matières étrangères dont la nature ne pourrait d'ailleurs altérer en aucune façon la malléabilité et la ductilité du métal.

Les tuyaux en cuivre rouge seront fabriqués sans soudure.

Ils doivent avoir la forme d'un cylindre droit à base circulaire parfaite.

L'épaisseur sera uniforme et égale à celle indiquée par les dessins ou commandes ; une tolérance de 5 0/0 en plus ou en moins est accordée sur cette épaisseur ; en dehors de ces limites, les pièces seront refusées.

L'uniformité et l'exactitude des épaisseurs seront vérifiées d'une façon rigoureuse et précise.

Les surfaces des tuyaux doivent être bien décapées, très lisses à l'extérieur et à l'intérieur, exemptes de crevasses, pailles, gerçures ou autres défauts pouvant nuire à l'apparence ou à la solidité des tuyaux.

Les diamètres extérieurs doivent être conformes à la demande et identiques sur toute la longueur des tubes, sans ovalisation dans les limites de tolérance de 0,3 mm. en plus ou en moins.

La pression intérieure à appliquer sera de 20 kg. par centimètre carré ; cette pression sera maintenue pendant une minute sans que le tuyau présente aucun gonflement permanent, altération ou suintement.

Tous les tuyaux, sans exception, doivent être, avant présentation, essayés individuellement à la pression par l'usine.

Une collerette plane de 15 mm. de largeur devra pouvoir être rabattue à froid, à angle droit, sur un congé intérieur de raccordement égal à une fois l'épaisseur du tuyau, sans qu'il se manifeste aucune crique, gerçure ou déchirure.

A froid, un bout de tuyau préalablement rempli de résine devra pouvoir se cintrer régulièrement, en deux reprises au maximum, sans criques ou fissures, jusqu'à ce que le rayon de courbure intérieur soit égal à deux fois le diamètre intérieur du tuyau.

Il sera fait au laboratoire de la Compagnie des épreuves chimiques sur les divers prélèvements indiqués ci-dessus, pour reconnaître si le cuivre rouge employé ne s'écarte pas de la composition fixée.

Chemins de fer de P.-L.-M. — Les tuyaux sans soudures doivent avoir la forme d'un cylindre droit à base circulaire, parfait ; l'épaisseur doit être uniforme et sensiblement

Digitized by Google

égale à celle indiquée par les dessins ou commandes; une tolérance de 10 0/0 en plus ou en moins est accordée sur cette épaisseur; toutefois, cette tolérance ne devra pas dépasser 3/10 de millimètre ; en dehors de ces limites, les pièces sont refusées. L'uniformité et l'exactitude des épaisseurs sont vérifiées au moyen d'instruments de précision établis sur les dessins de la Compagnie.

Pour constater la tenacité du métal, les tuyaux sont tous éprouvés à la presse hydraulique. La pression intérieure à laquelle ils doivent êtré soumis, variable avec le diamètre et l'épaisseur du tuyau, est déterminée par la formule :

$$N = 800 \times \frac{E}{D}$$

Dans cette formule :

N est la pression intérieure effective exprimée en kilogrammes par centimètre carré à laquelle les tuyaux doivent être soumis ;

E l'épaisseur et D le diamètre du tuyau exprimés en millimètres. Toutefois, la pression d'épreuve est limitée à 20 kg. par centimètre carré dans tous les cas où la formule conduirait à un nombre supérieur.

Les tuyaux doivent rester soumis aux pressions ci-dessus indiquées pendant une minute au moins et ne manifester, pendant ce temps, ni suintement, ni aucune trace quelconque d'altération.

Pour constater la malléabilité du métal, on exécute les épreuves suivantes :

1° L'extrémité du tuyau à essayer est rabattue à froid sur une longueur de 15 mm. sous la forme d'une collerette plane dont le plan est perpendiculaire à l'axe du tuyau;

2° Un bout du tuyau à essayer est cintré régulièrement à froid jusqu'à ce que le rayon de courbure, mesuré intérieurement, soit égal à deux fois le diamètre extérieur du tuyau. L'opération ne doit pas exiger plus de deux reprises. Dans ces épreuves, il ne doit se produire aucune criqure ;

3° Deux bouts de tuyaux à essayer sont soumis l'un à froid et l'autre au rouge cerise naissant, à deux pliages successifs à bloc. Dans ces épreuves, il ne doit se produire aucune criqure ;

4° Pour les tuyaux destinés au raboutage des tubes à fumée, un bout de tuyau ayant 10 cm. de longueur est chauffé au rouge cerise, puis placé verticalement dans une matrice dont les bords sont évasés suivant un tronc de cône dont les génératrices ont une longueur de 20 mm. et une inclinaison de 40°. L'extrémité du tuyau doit pouvoir être rabattue sur la partie conique de la matrice, à l'aide d'un poinçon conique de même ouverture, de façon à former sans criqures une collerette de 40° d'inclinaison sur l'horizon.

Les surfaces des tuyaux doivent être lisses à l'extérieur et à l'intérieur, exemptes de crevasses, pailles, gerçures ou autres défauts pouvant nuire à leur apparence ou à leur solidité. Les extrémités doivent être coupées nettement et d'équerre ; les tuyaux doivent être affranchis exactement à la longueur demandée par la commande.

Digitized by Google

CHAPITRE VI

DISPOSITIONS D'ENSEMBLE ET DE DÉTAIL DES ORGANES DU MÉCANISME

Cylindres, pistons et tiges. — Crosses et glissières. — Bielles motrices et d'accouplement. — Tiroirs. — Mécanismes de distribution et de changement de marche. — Ensembles de mécanisme.

236. Le Cylindre, organe fondamental, constitue la partie vitale de la machine où s'accomplit la transformation, en travail mécanique, de l'énergie calorifique contenue dans la vapeur. A proprement parler, les autres parties du mécanisme ne sont en réalité que des organes ayant pour effet de transformer le mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire continu ou que des accessoires, propres par exemple à effectuer la distribution de la vapeur sur les deux faces du piston.

Nous avons vu précédemment que, dans les locomotives, les cylindres étaient intérieurs ou extérieurs et généralement horizontaux, mais qu'ils pouvaient présenter une légère inclinaison. Nous avons également examiné les proportions qu'on leur donne ordinairement et la nature du métal dont on les constitue. Il nous reste à étudier les dispositions usuelles qu'ils affectent dans la pratique et leur mode de construction. Nous dirons un mot auparavant de la détermination de l'épaisseur de leurs parois.

L'*épaisseur minimum à donner au corps du cylindre* est limitée par la formule :

$$R = \frac{PD}{2e}$$

établissant, dans les récipients cylindriques à minces parois, la relation qui existe entre la pression intérieure effective, le diamètre, l'épaisseur et l'effort par unité de section, que peut supporter, en toute sécurité, le métal dont le cylindre est composé. Si l'on appliquait strictement cette formule aux cylindres à vapeur, même en attribuant à R, pour la fonte, une valeur très inférieure à sa charge de sécurité, on trouverait des épaisseurs notablement infé-

Digitized by Google

rieures à celles que la pratique a consacrées. C'est qu'en effet le cylindre est soumis d'une part à des efforts anormaux, difficiles à évaluer exactement et provenant, par exemple, des chocs et des coups d'eau, d'autre part à une

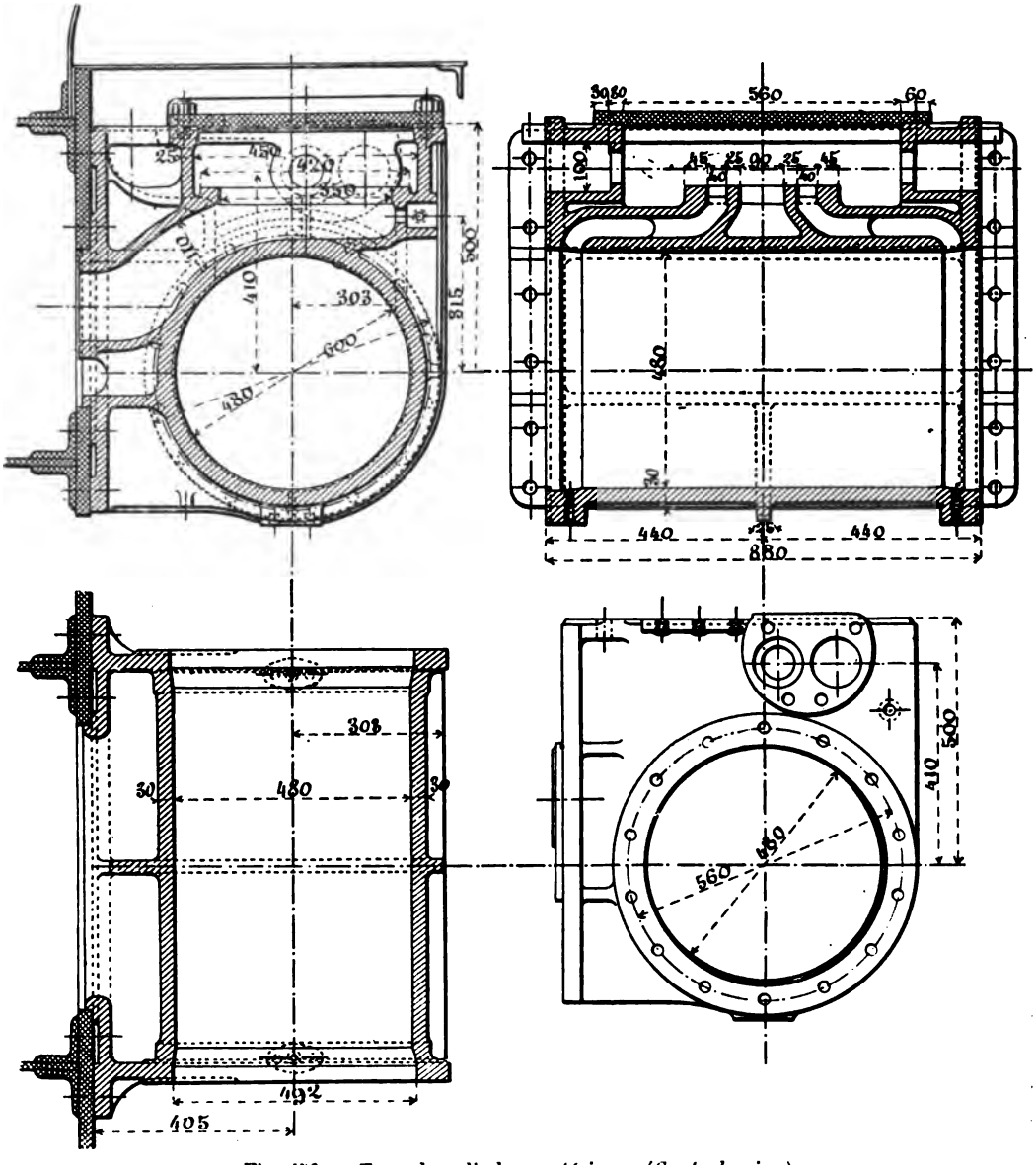


Fig. 450. — Type de cylindres extérieurs (*Central suisse*).

usure et à une ovalisation notables, nécessitant, de temps à autre, de légers réalésages entraînant une diminution d'épaisseur. Il est en outre nécessaire de faire la part des nécessités de la coulée qui peuvent, pour des considérations entièrement pratiques, entraîner des épaisseurs très supérieures à celles

Digitized by Google

que la résistance des matériaux, envisagée seule, pourrait indiquer comme suffisantes. L'épaisseur ne saurait être entièrement proportionnelle au diamètre; s'il en était ainsi en effet, on trouverait, pour les cylindres de petites dimensions, des épaisseurs tellement faibles que ces organes seraient absolument inexécutables. Il devient donc nécessaire d'introduire dans la formule

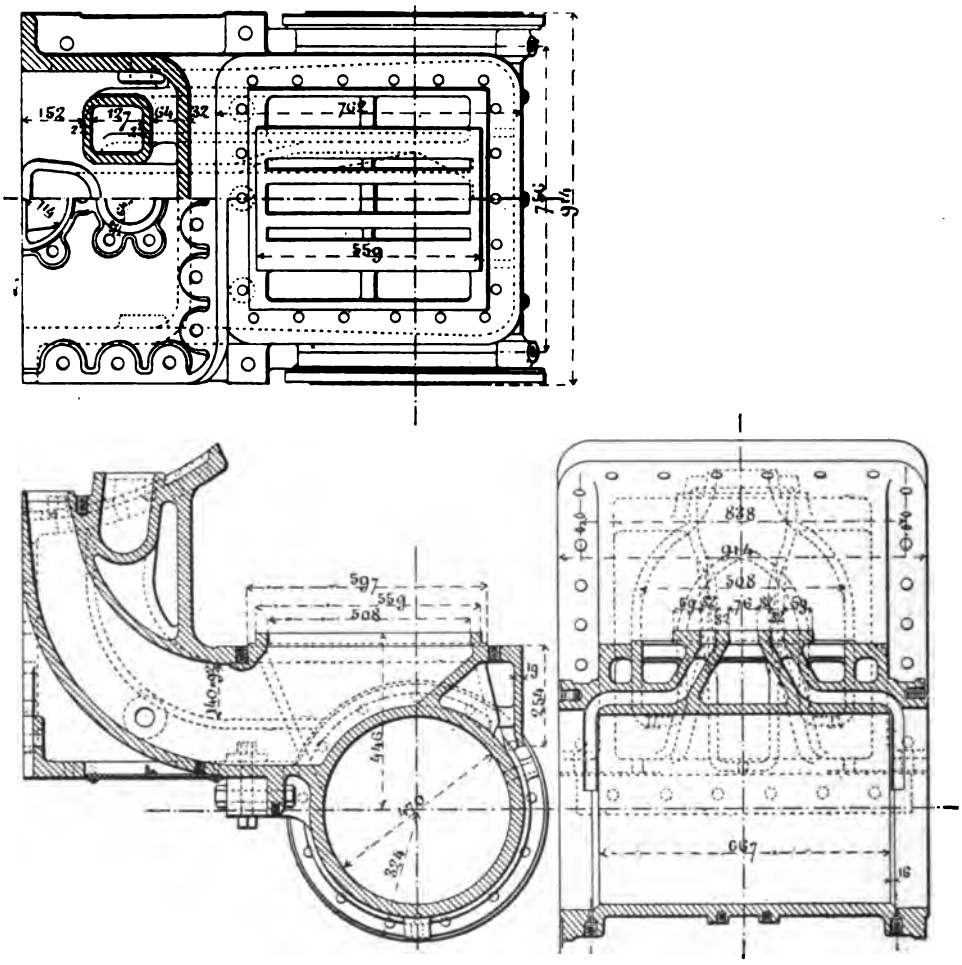


Fig. 451. — Disposition-type des cylindres (extérieurs) des locomotives américaines.

donnant l'épaisseur du cylindre, en outre du coefficient dont elle sera frappée, une constante déterminée fixant, pour les plus petites machines, l'épaisseur minimum au-dessous de laquelle on ne pourra descendre et, pour les cylindres de plus grand diamètre, permettant de tenir compte de certaines conditions pratiques. L'expression sera alors de la forme

$$e = a\,PD + C.$$

Digitized by Google

La détermination de l'épaisseur des parois des cylindres de locomotives présente d'ailleurs moins d'incertitude encore que pour les autres machines et s'établit surtout par comparaison. Le diamètre de ces cylindres ne variant que dans une limite très étroite (de 0,400 m. à 0,550 m. et, pour les machines compound, à 0,800 m.), en raison de la puissance peu différente que présentent ces machines et de la pression à peu près uniforme à laquelle elles fonctionnent dans les différents pays, l'épaisseur de leurs parois est également peu variable. Cette épaisseur varie de 22 à 25 mm. pour les diamètres assez courants de 0,430 m. à 0,440 m. à l'alésage ; à 26 ou 28 mm. pour les diamètres de 0,450 m. à 0,470 m. ; entre 28 et 30 mm. pour le diamètre de 0,480 m. et de 30 à 35 mm. au-delà.

Il est rare, même pour des cylindres de plus grand diamètre, que l'on dépasse cette épaisseur, d'autant plus que les cylindres dont le diamètre est supérieur à 0,540 m. environ sont les cylindres détendeurs des locomotives compound et sont soumis à une pression maximum intérieure de 5 à 6 kg. seulement.

L'épaisseur des cylindres de locomotives est relativement considérable parce que leurs parois intérieures sont sujettes à une usure rapide par suite de la grande vitesse du piston et de l'introduction éventuelle des escarbilles dans le cylindre, par le tuyau d'échappement, lors de l'avance à l'échappement, pendant la marche à régulateur fermé. En outre, on donne quelquefois à ces cylindres un surcroît d'épaisseur dans les locomotives qui sont trop chargées à l'arrière, le poids des cylindres entrant en ligne de compte dans le balancement longitudinal de ces machines.

Le corps du cylindre est généralement renforcé par une nervure circulaire placée au milieu de sa longueur ou deux nervures également espacées ayant une épaisseur égale à environ les 2/3 de celle du cylindre lui-même et une saillie qui peut varier de une à deux fois cette épaisseur. Cette nervure se continue sur les parois des boîtes à tiroir aux brides desquelles elle se raccorde.

Les brides d'attache du plateau ont une épaisseur supérieure de moitié environ à celle du corps; le fond, placé du côté de l'essieu moteur, présente une épaisseur supérieure à celle du corps de 2 à 3 mm. quand les presse-étoupes sont montés sur un plateau rapporté exigeant par conséquent une surface dressée.

L'épaisseur des pattes d'attache du cylindre sur les longerons est égale ou légèrement supérieure à celle du corps, à moins que l'on n'aie largement calculé cette dernière en vue du réalésage; dans les cylindres très épais, les pattes d'attache peuvent avoir de 2 à 4 mm. de moins que les parois du cylindre lui-même.

L'épaisseur des plateaux est souvent inférieure de quelques millimètres

Digitized by Google

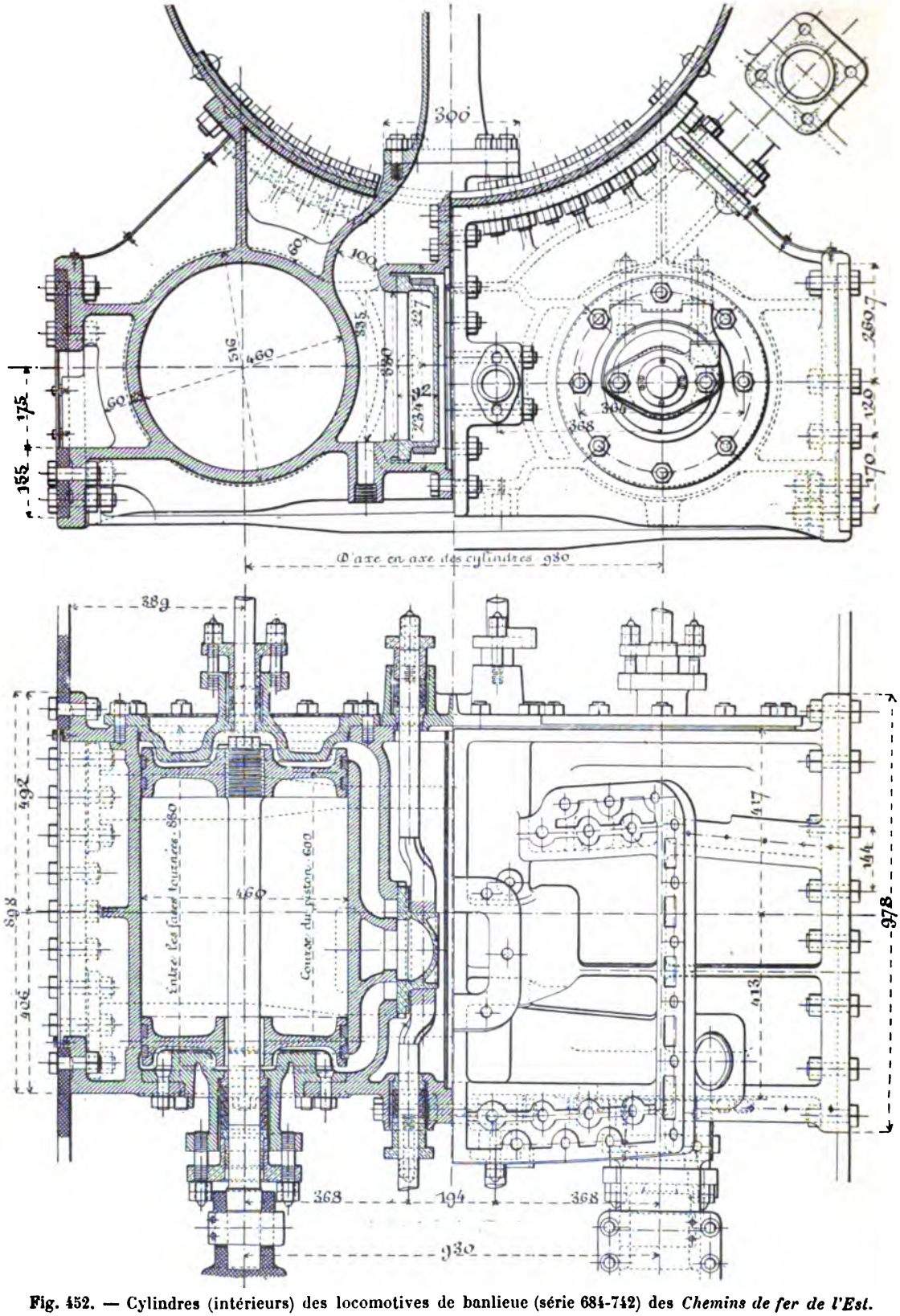


Fig. 452. — Cylindres (intérieurs) des locomotives de banlieue (série 684-742) des *Chemins de fer de l'Est*.

Digitized by Google

à celle du corps bien qu'ils aient une forme moins bien appropriée en vue de résister à la pression intérieure, mais ils ne subissent pas d'usure par frottement. D'ailleurs ils sont souvent renforcés par des nervures extérieures, radiales. Leur épaisseur peut alors descendre à 18 mm.

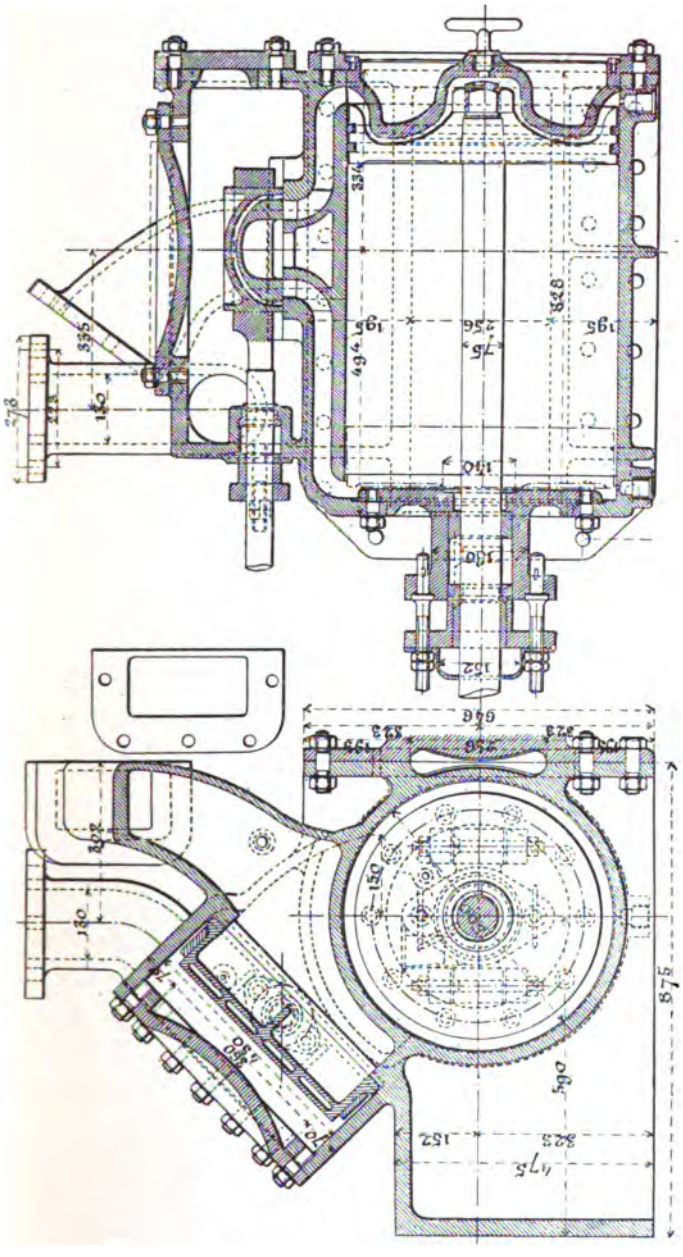


Fig. 453. — Cylindres (intérieurs) des locomotives à grande vitesse de l'*État belge*.

Les prisonniers ou goujons fixant les plateaux sur les cylindres ont de 22 à 25 mm. de diamètre hors filets et leur nombre varie de 12 à 15, suivant la pression et le diamètre du cylindre.

Les boulons d'attache des cylindres, soit entre eux quand ils sont intérieurs, soit aux longerons, ont généralement 25 mm. de diamètre. Leur écartement peut être assez variable suivant les dispositions générales de la machine et selon la facilité avec laquelle on peut les installer, il est fréquemment compris entre 0,120 m. et 0,140 m.

237. Le corps du cylindre est souvent venu de fonte avec le fond arrière ou tout au moins une partie de celui-ci, avec les brides d'attache sur le longeron, la bride du plateau, la glace du tiroir et les côtés de sa boîte avec, lors-

Digitized by Google

qu'ils sont intérieurs, les embases de support de la chaudière, puis les bossages des robinets purgeurs, parfois des indicateurs, etc.

Quand les cylindres sont intérieurs, ils sont fondus, soit ensemble, soit séparément. Dans le second cas, on les assemble l'un à l'autre au moyen d'une bride rectangulaire qui forme joint si les tiroirs sont placés entre les cylindres. Quand les cylindres sont venus de fonte d'une seule pièce, ils peuvent devenir plus légers puisqu'il n'y a plus à disposer de brides ni de nervures pour leur attache commune; on peut en outre les rapprocher davantage, l'épaisseur de la fonte formant la partie commune pouvant n'être que très peu supérieure à celle des cylindres eux-mêmes tandis que s'ils sont rapportés, on doit laisser entre les deux parois des corps de cylind res un certain jeu, suffisant pour permettre l'ajustage des brides et le réglage des axes (fig. 453).

D'autre part, les cylindres venus d'une seule pièce sont plus difficiles à exécuter, à mouler et à fondre; une soufflure survenue sur la surface intérieure de l'un d'eux peut suffire à faire rebuter l'ensemble. En outre, si l'un des cylindres est cassé ou fendu en service, l'autre se trouve condamné du même fait et le remplacement de l'ensemble est nécessaire.

On trouvera, figures 454 et 458, un exemple de cylindres venus de fonte d'une seule pièce (cylindres du *Great Eastern;* grands cylindres des machines compound à grande vitesse du *Nord*, ceux des locomotives *P.-L.-M.* du même type le sont aussi), et figures 452, 453, 455, 456, des cylindres fondus séparément et rapportés (machines express à bogie de la *Compagnie de l'Ouest*, machines de banlieue de la *Compagnie de l'Est*, machines express des chemins de fer de l'*État belge*, etc.).

Le corps du cylindre est alésé intérieurement de manière à présenter une surface parfaitement cylindrique. A chaque extrémité du cylindre, est ménagée une amorce, d'un diamètre un peu plus grand que l'intérieur du cylindre proprement dit, et qui a pour but de permettre la sortie du piston, en cas de démontage. S'il en était autrement, l'usure du cylindre, se produisant uniquement sur la partie parcourue par le piston, créerait une augmentation de diamètre qui ne permettrait plus facilement l'extraction du piston.

La hauteur de l'amorce du cylindre est souvent plus grande qu'il ne paraît nécessaire au premier abord parce qu'il faut éviter que les prisonniers destinés à maintenir le couvercle ne débouchent dans le conduit d'admission, ce qui pourrait entraîner une fuite de vapeur et amener une rapide corrosion du prisonnier et de son écrou. On est ainsi conduit à reculer la bride plus loin qu'il ne serait désirable, ce qui allonge inutilement le cylindre. L'espace mort n'en est toutefois pas augmenté, car le couvercle pénètre à son intérieur et le remplit. D'ailleurs, le corps du piston peut dépasser l'arête du cylindre, à condition que sa bague soit en retrait.

Digitized by Google

Les deux fonds du cylindre ne peuvent être venus de fonte avec ce dernier, l'un d'eux au moins est nécessairement mobile et doit permettre de dégager

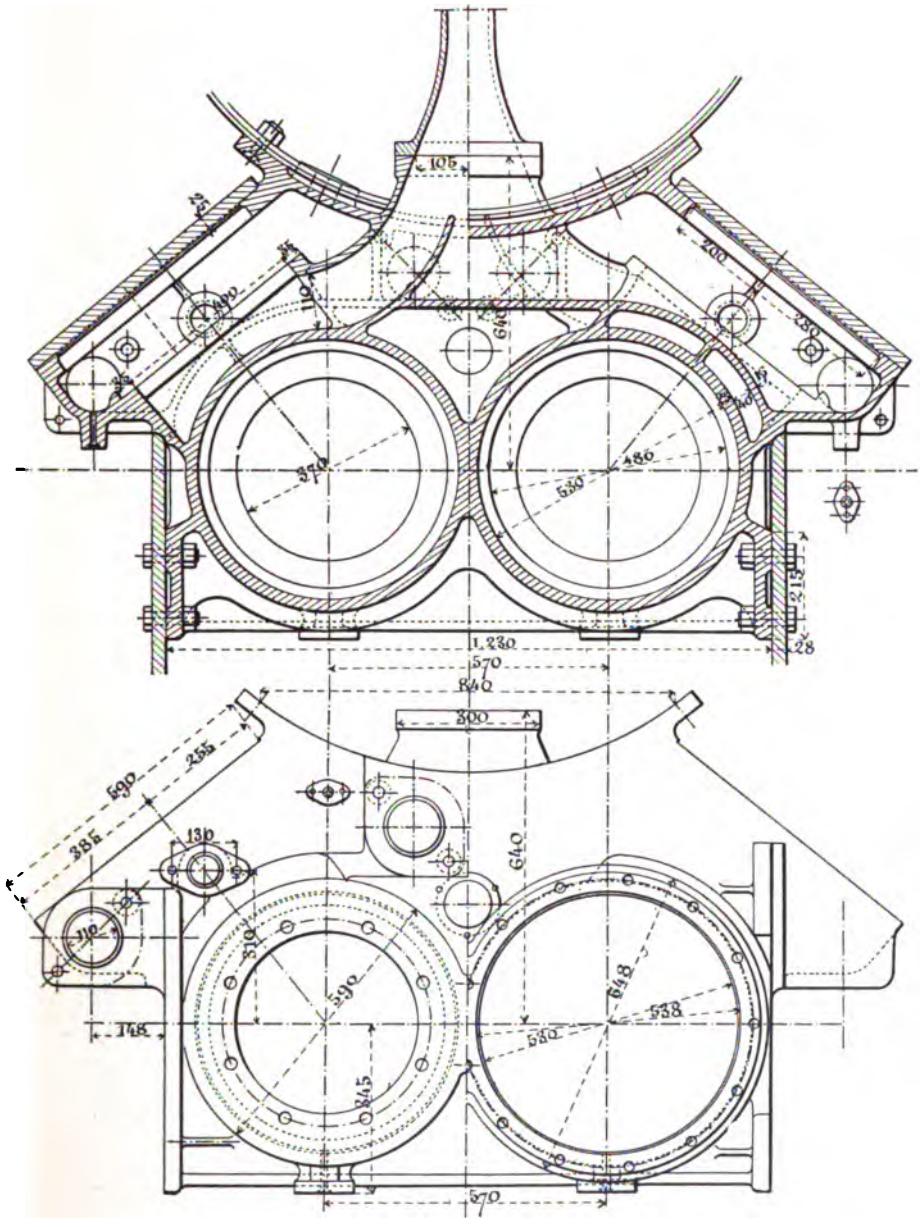


Fig. 454. — Cylindres (intérieurs), à basse pression, des locomotives compound à grande vitesse (série 2123-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

complètement l'intérieur du cylindre afin de permettre l'alésage de ce dernier d'abord et la mise en place du piston ensuite.

Beaucoup de constructeurs font venir de fonte avec chaque cylindre le

Digitized by Google

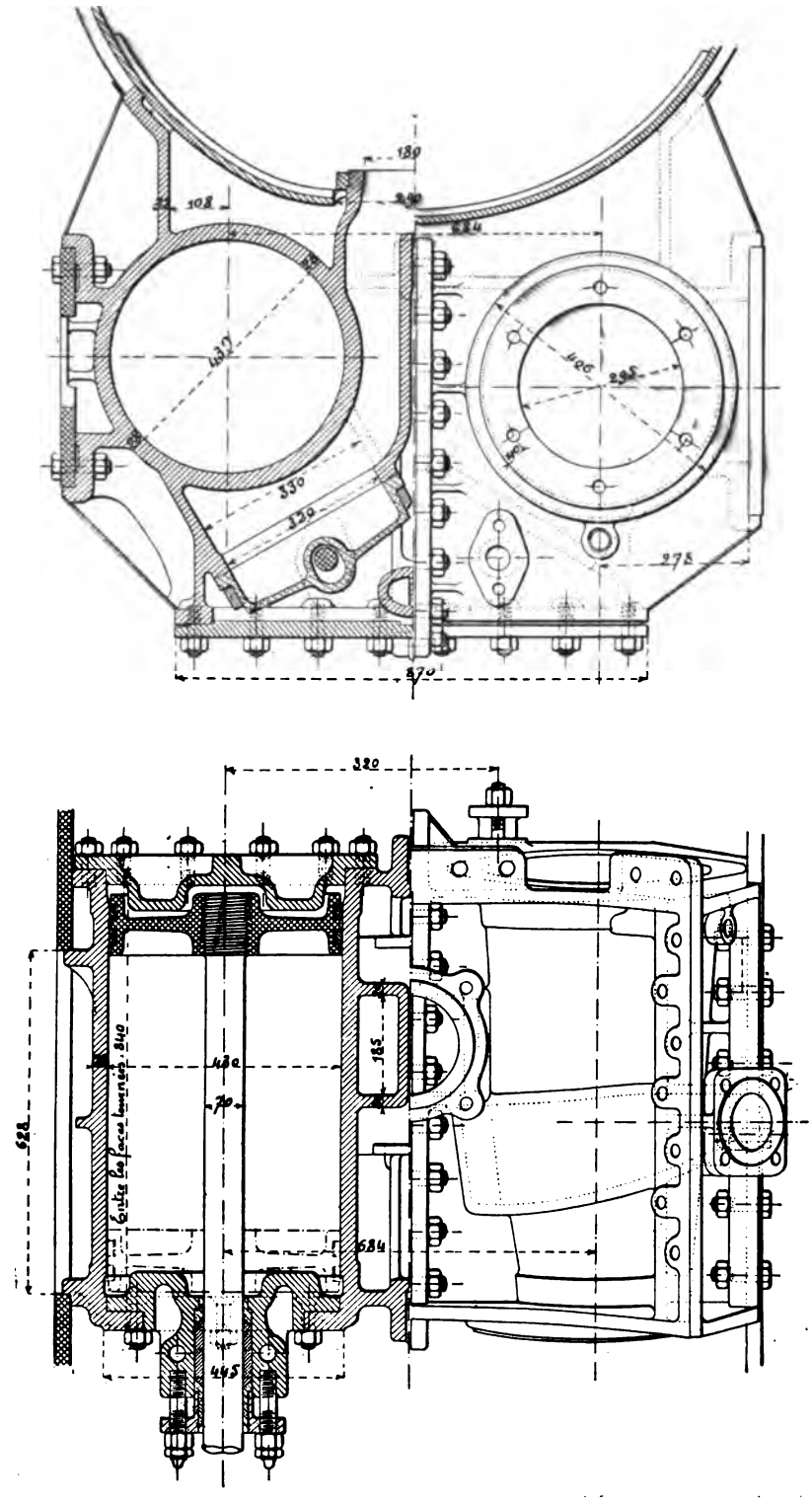


Fig. 455. — Cylindres des locomotives mixtes (série 441-485) des *Chemins de fer de l'Est.*

Digitized by Google

fond arrière portant le presse-garniture; mais d'autres, pour faciliter le passage de la barre d'alésage lors de la mise en œuvre des cylindres, percent dans ce fond une large ouverture que vient boucher un couvercle autoclave ajusté sur une partie dressée et tenu par six ou huit prisonniers; c'est ce petit couvercle additionnel qui porte le presse-étoupes.

Depuis quelques années, pour les machines à cylindres extérieurs, on a tendance à placer un plateau symétrique à chaque extrémité (fig. 450, 454, 459, 463 à 465), le cylindre étant ouvert aux deux bouts. Ce dispositif, appliqué pour la première fois en Europe, croyons-nous, du moins sur une échelle industrielle, par la *Société alsacienne*, très répandu en Allemagne et absolument général en Amérique, présente cet avantage incontestable que les cylindres de droite et de gauche sont symétriques et que le même modèle, simplement retourné, peut servir à les mouler tous deux. On n'a plus besoin d'avoir, pour un type donné de machine, qu'un modèle ou qu'un type unique de cylindre en approvisionnement. Il est évident que cette dispositoin s'applique seulement aux cylindres dont les glaces des tiroirs se trouvent horizontales et dont les lumières sont disposées symétriquement par rapport au plan transversal médian des cylindres. C'est le cas des locomotives dans lesquelles les tiroirs sont commandés par des distributions à arbre de renvoi ou des types Walschaërt et Joy.

Nous avons suffisamment parlé, dans le chapitre précédent, des dispositions affectées par les boîtes à tiroir et de la position qui leur est donnée, nous n'avons pas à y revenir ici; les figures qui accompagnent le texte sont suffisamment explicites et nombreuses pour compléter ces indications.

Pour éviter de faire travailler au cisaillement les boulons d'attache des cylindres, les pattes qui les fixent aux longerons sont épaulées dans les deux sens et verticalement. Tantôt cet épaulement se trouve placé à la partie supérieure et consiste simplement dans l'addition d'un talon venu de fonte avec l'embase et pénétrant à l'intérieur d'une saignée dressée, pratiquée à partie supérieure du longeron; tantôt il est constitué par un bossage rectangulaire, aux angles arrondis, pénétrant à frottement dur dans un trou de même forme percé dans le longeron. Ce bossage livre souvent passage au tuyau d'échappement quand les cylindres sont extérieurs. Quand, cette dernière disposition étant adoptée, les boîtes à tiroirs sont à l'intérieur, c'est le contour de la partie intermédiaire, contenant les conduits de vapeur, qui remplit l'office du bossage dont nous venons de parler; le trou pratiqué dans le longeron est alors de très grandes dimensions, ce qui oblige à augmenter la hauteur de ce dernier par le travers des cylindres.

Les boulons servant à fixer les cylindres sur le châssis doivent pénétrer à frottement très dur à l'intérieur des trous percés à la fois dans la bride du

Digitized by Google

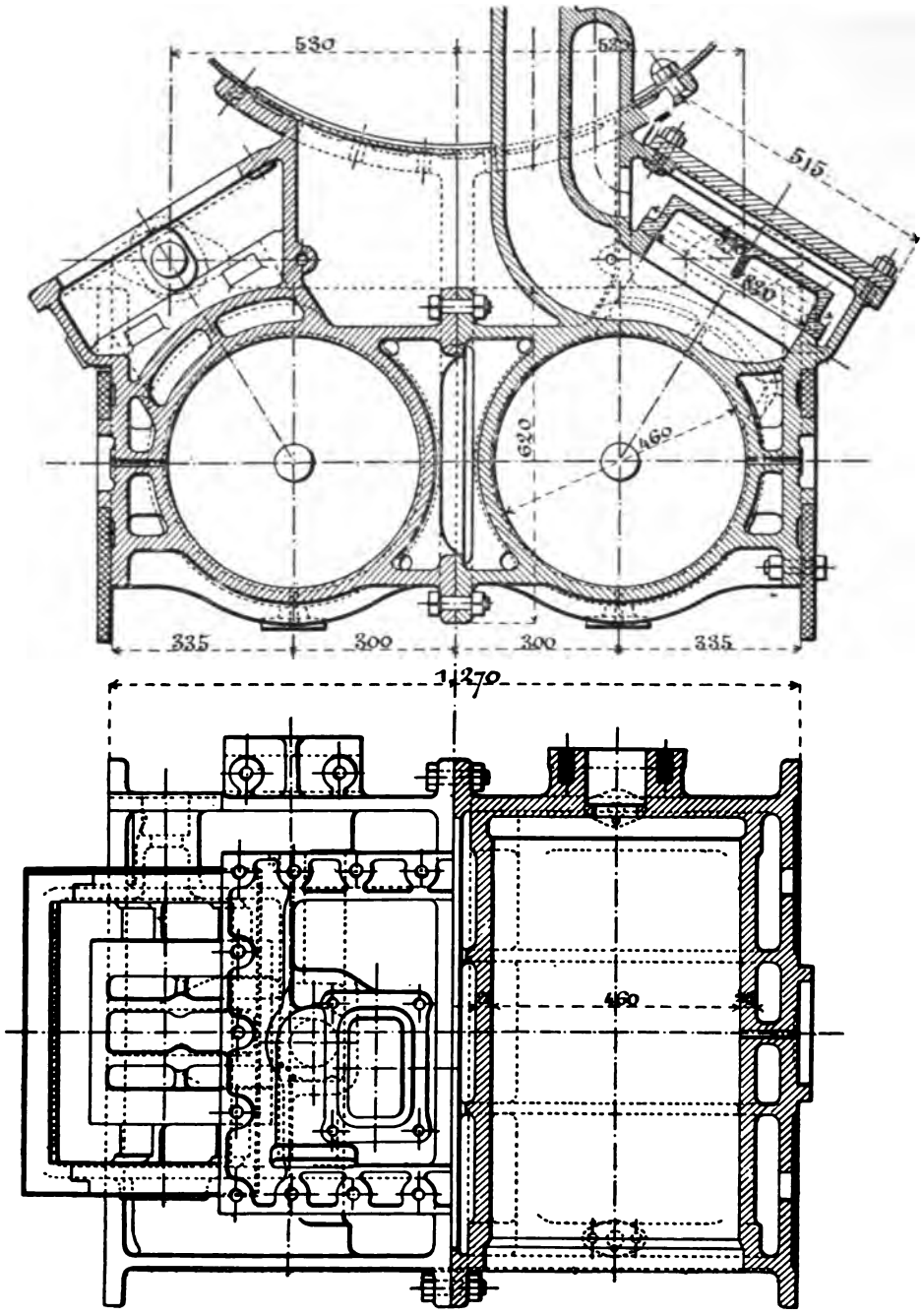


Fig. 456. — Cylindres des locomotives à grande vitesse (série 963-990) des *Chemins de fer de l'Ouest*. Coupe transversale et plan.

cylindre et dans le longeron et qui doivent être réalésés sur place pour

Digitized by Google

correspondre parfaitement; ces boulons doivent être entrés à la masse.

Dans toutes les locomotives américaines, les cylindres sont construits et disposés d'une manière uniforme.

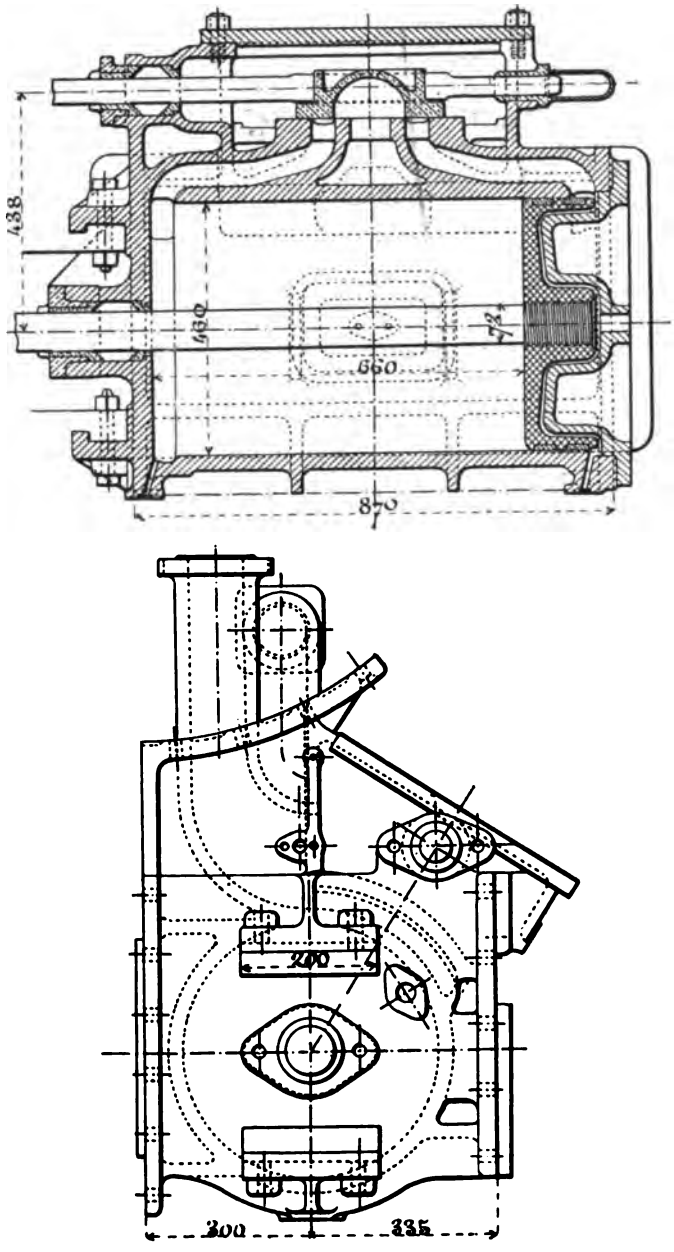


Fig. 456 *bis*. — Cylindres des locomotives à grande vitesse (série 963-990) des *Chemins de fer de l'Ouest*. Coupe longitudinale et vue d'arrière.

On trouvera (fig. 465) la disposition classique. Chaque cylindre est venu

Digitized by Google

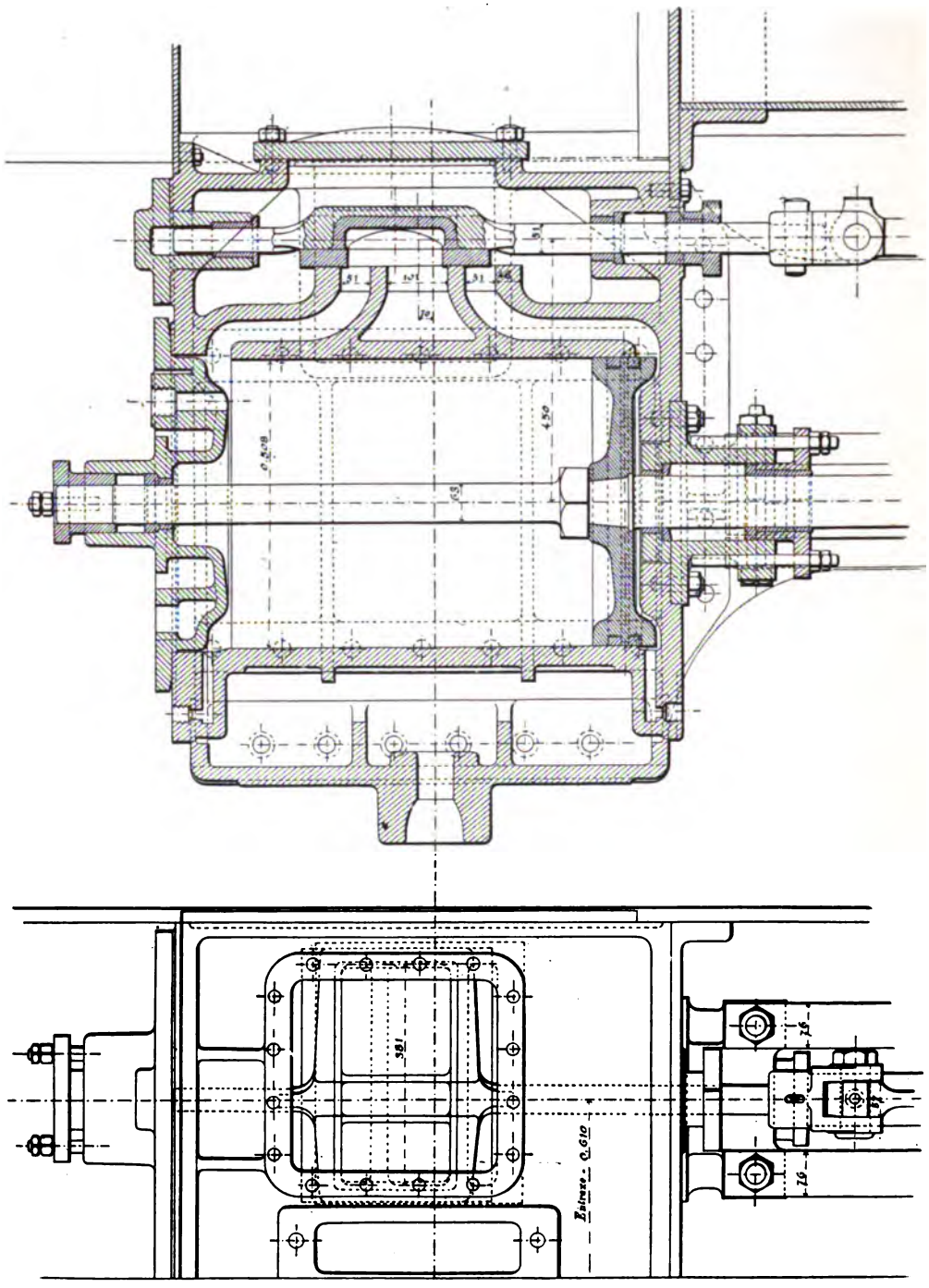


Fig. 457. — Cylindres (intérieurs) des locomotives à grande vitesse (type Q_1) du *North Eastern Railway*.

de fonte avec une pièce creuse qui porte le nom de *selle* (*saddle*) et sert à le

Digitized by Google

relier à l'autre cylindre, aux longerons, en même temps qu'à porter la chaudière sur le bogie ou le bissel. Les cylindres de droite et de gauche sont rattachés par une bride transversale disposée suivant le plan vertical médian de la machine. Autrefois, la selle était constituée par une pièce détachée que l'on interposait entre les cylindres ; mais cette disposition, qui entraînait la confection d'un modèle de plus et exigeait la présence d'un joint supplémentaire, n'est plus que rarement usitée.

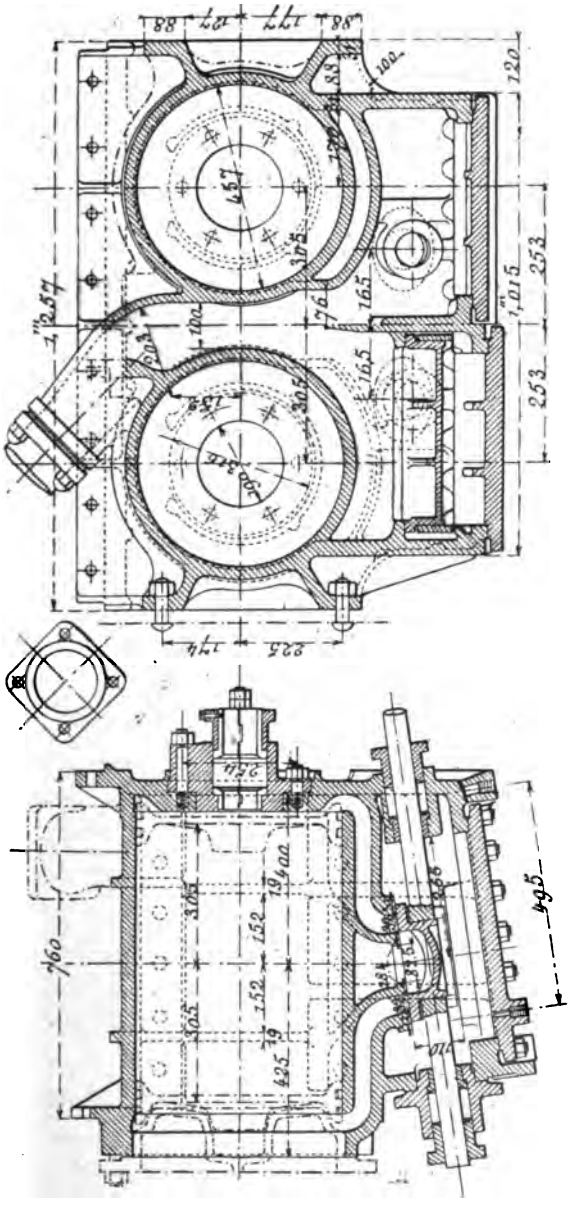


Fig. 458. — Cylindres (intérieurs) fondus d'une seule pièce, avec boîtes à tiroir placées à la partie inférieure. Disposition-type du *Great Eastern Railway*.

Les cylindres des locomotives américaines sont étudiés en vue de faciliter leur fabrication et leur montage et de réduire les frais de main-d'œuvre. Ainsi, les cylindres de droite et de gauche sont absolument symétriques par rapport au plan médian transversal, de manière qu'ils puissent être confectionnés avec le même modèle, puis mis en place simplement en les retournant. C'est pour cela que les cylindres ne comportent pas de fond venu de fonte et sont munis, à l'avant et à l'arrière, de couvercles symétriques, et que la glace du tiroir, toujours située horizontalement à la partie supérieure du cylindre, est à égale distance des deux bouts du cylindre. Le conduit d'échappement débouche à la partie basse de la boîte à fumée ; dans beaucoup de machines, la tuyère, plus ou moins haute, qui le surmonte, est isolée et distincte pour chaque cylindre ;

Digitized by Google

dans certaines machines récentes, au contraire, ces conduits aboutissent dans une culotte commune, que termine à la partie supérieure la tuyère d'échappement, de section circulaire, qui s'élève ordinairement jusqu'à la hauteur de la rangée supérieure des tubes. Les colonnes d'échappement doubles sont une particularité essentiellement américaine.

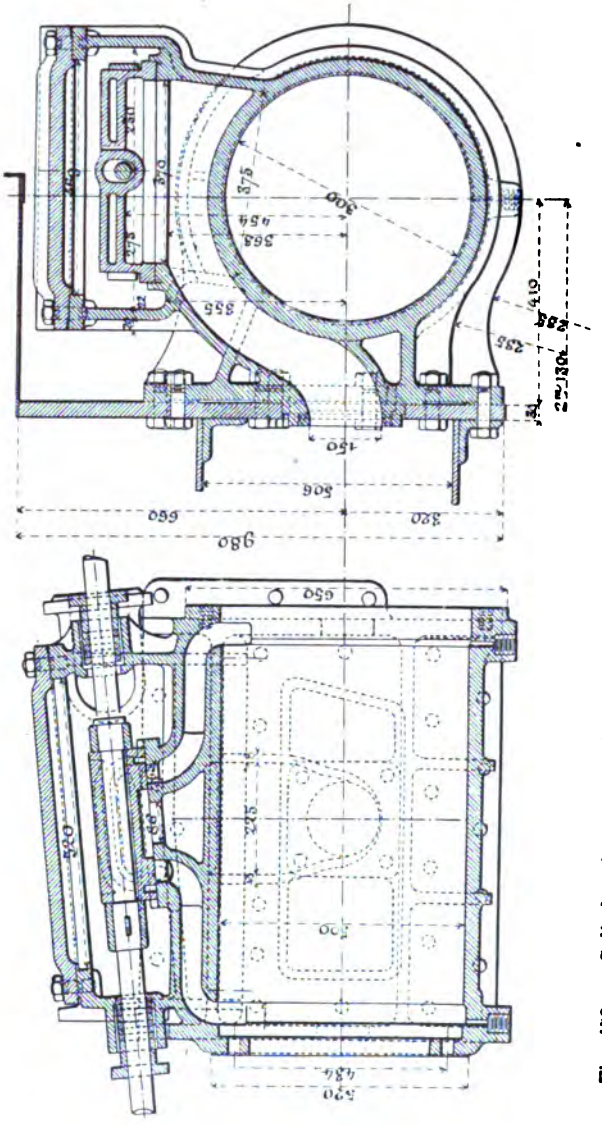


Fig. 459. — Cylindres (extérieurs) des locomotives à grande vitesse (type 800) des *Chemins de fer de l'Est*.

Le conduit de vapeur débouche également dans la boîte à fumée où il se raccorde au tuyau de prise de vapeur bifurqué, contournant la boîte à fumée et qui prolonge la conduite du régulateur, sortant de la chaudière à travers la plaque tubulaire avant, au moyen d'une culotte en fonte. Le conduit d'arrivée de vapeur, qui traverse la *selle*, se bifurque à sa partie inférieure et débouche sur la glace du tiroir, à l'avant et à l'arrière des lumières d'admission. Grâce à cette disposition, les parois de la boîte à tiroir ne portent aucune tubulure, ce dont on profite pour les rapporter. La boîte est alors constituée par une sorte de cadre, raboté sur ses faces supérieure et inférieure, qui s'ajuste sur un portage rectangulaire ménagé autour de la glace et se trouve maintenu par les boulons mêmes qui fixent le couvercle.

Cet arrangement présente un double avantage : la pièce constituant le cylindre proprement dit est plus simple de forme et plus facile à mouler ou à fondre ; la glace du tiroir est plus accessible et plus facile à raboter,

Digitized by Google

puisqu'elle n'est entourée d'aucune saillie. Par contre, il présente un joint supplémentaire, celui du cadre de la boîte sur son siège ; mais, avec la per-

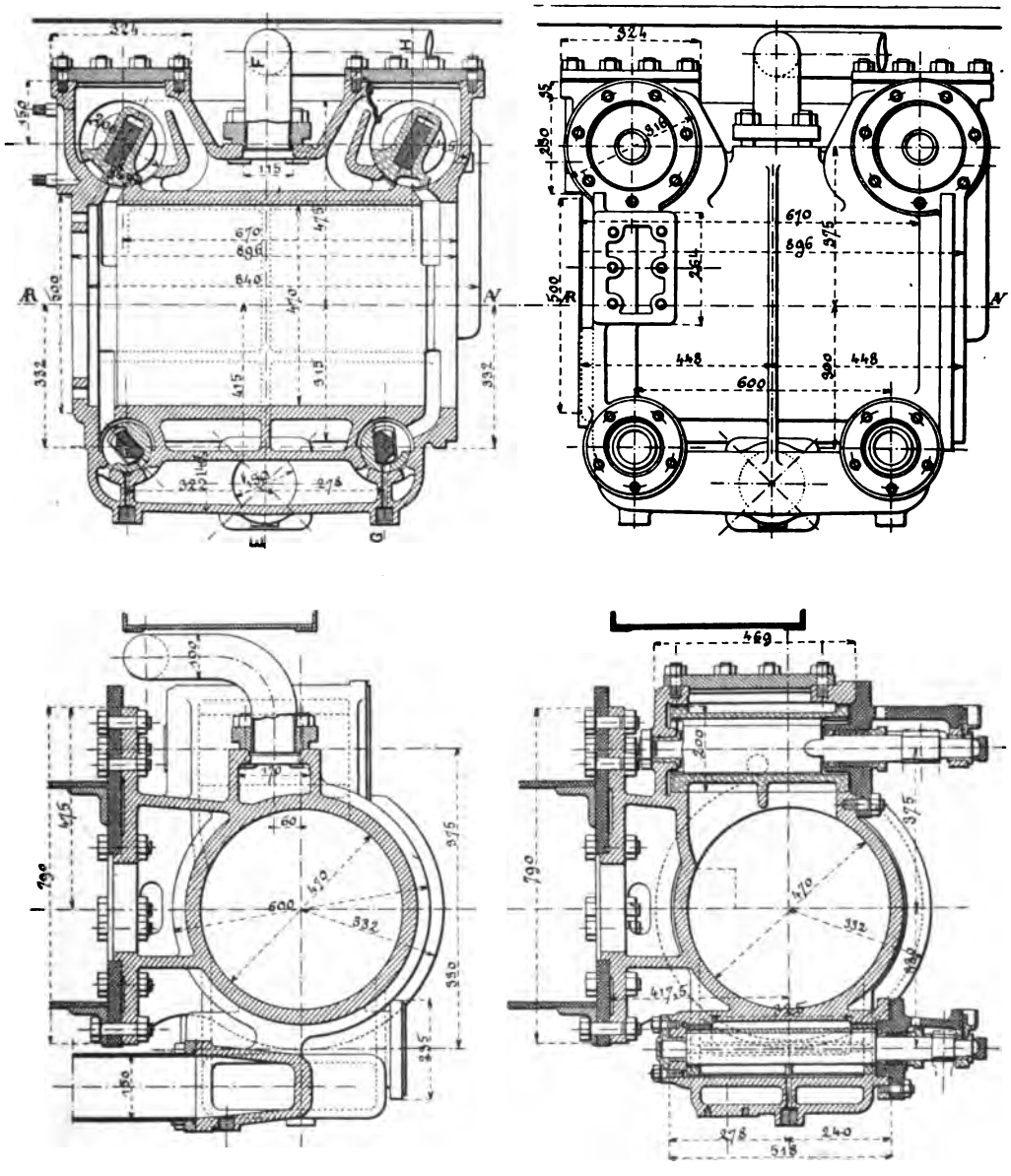


Fig. 460. — Cylindres des locomotives à grande vitesse (Mach. 833 et 835) des *Chemins de fer de l'Est*, qui ont été munies de la distribution *Durant et Lencauchez*.

fection de travail que permet l'outillage moderne, ce n'est pas là un inconvénient bien sérieux.

Les cylindres se fixent aux longerons par des pattes entaillées venues de fonte avec ces derniers. Tantôt ces longerons, formant une ouverture rectan-

Digitized by Google

gulaire, embrassent le cylindre au-dessus et au-dessous de la selle, tantôt ils ne comportent qu'une branche ajustée dans une sorte de mortaise ménagée contre le cylindre, sous la selle. Quand le premier dispositif est adopté, il faut, pour que le démontage et la mise en place des cylindres soient possibles, qu'une des portions du longeron, ordinairement celle qui est placée à la partie supérieure, soit démontable.

La chaudière est fixée, par sa boîte à fumée, au massif des cylindres, au moyen d'une bride circulaire venue de fonte avec la selle. La bride de cette selle forme, avec la portion similaire appartenant à l'autre cylindre, le point de support de tout le système sur le pivot du bogie ou sur le balancier du bissel.

Les couvercles des cylindres sont en fonte à simple toile; on en trouvera des exemples figures 451, 454, 456, 465. Ils sont très souvent fixés au moyen de boulons, mais quelques constructeurs reprochent à ce système un inconvénient qui, sans être grave, peut augmenter les frais d'entretien, à savoir que si un de ces boulons casse, on est obligé, pour le remplacer, de démonter toute l'enveloppe du cylindre, ce qui n'est pas le cas avec les prisonniers. Ceux-ci sont de plus en plus employés.

238. Plateaux et couvercles de cylindres. — On sait qu'il est nécessaire de ménager dans le cylindre, au moins d'un côté, une ouverture ayant un diamètre légèrement supérieur à celui du piston afin que l'on puisse procéder à l'alésage, mettre le piston en place et le retirer de temps à autre pour les visites. Nous avons vu que, quand on ne munit le cylindre que d'un seul couvercle mobile, ce dernier était toujours placé du côté opposé à l'essieu moteur afin que l'on puisse sortir le piston et sa tige sans démonter les glissières.

Le couvercle n'est donc en réalité qu'une porte étanche destinée à fermer le cylindre, il n'a aucun effort à transmettre et joue dans le fonctionnement de la machine un rôle essentiellement passif. Il n'en a pas moins une importance sérieuse et doit être étudié avec soin.

En principe, le couvercle ne doit être calculé qu'en vue de résister à la pression de la vapeur qui s'exerce sur sa face intérieure et on peut en calculer les éléments d'après la résistance des matériaux, sa couronne travaillant au cisaillement et ses faces à la flexion, en le considérant comme un solide encastré. Toutefois, en pratique, on ne saurait se fier au calcul seul qui donnerait généralement des échantillons trop faibles et il faut mieux en déterminer les épaisseurs en vue de répondre à certaines conditions pratiques, par exemple au travail de moulage et de fonderie.

Les plateaux doivent être aussi légers que possible, car ils sont appelés à être fréquemment démontés à main d'homme et l'on doit faciliter leur maniement dans la limite du possible.

Digitized by Google

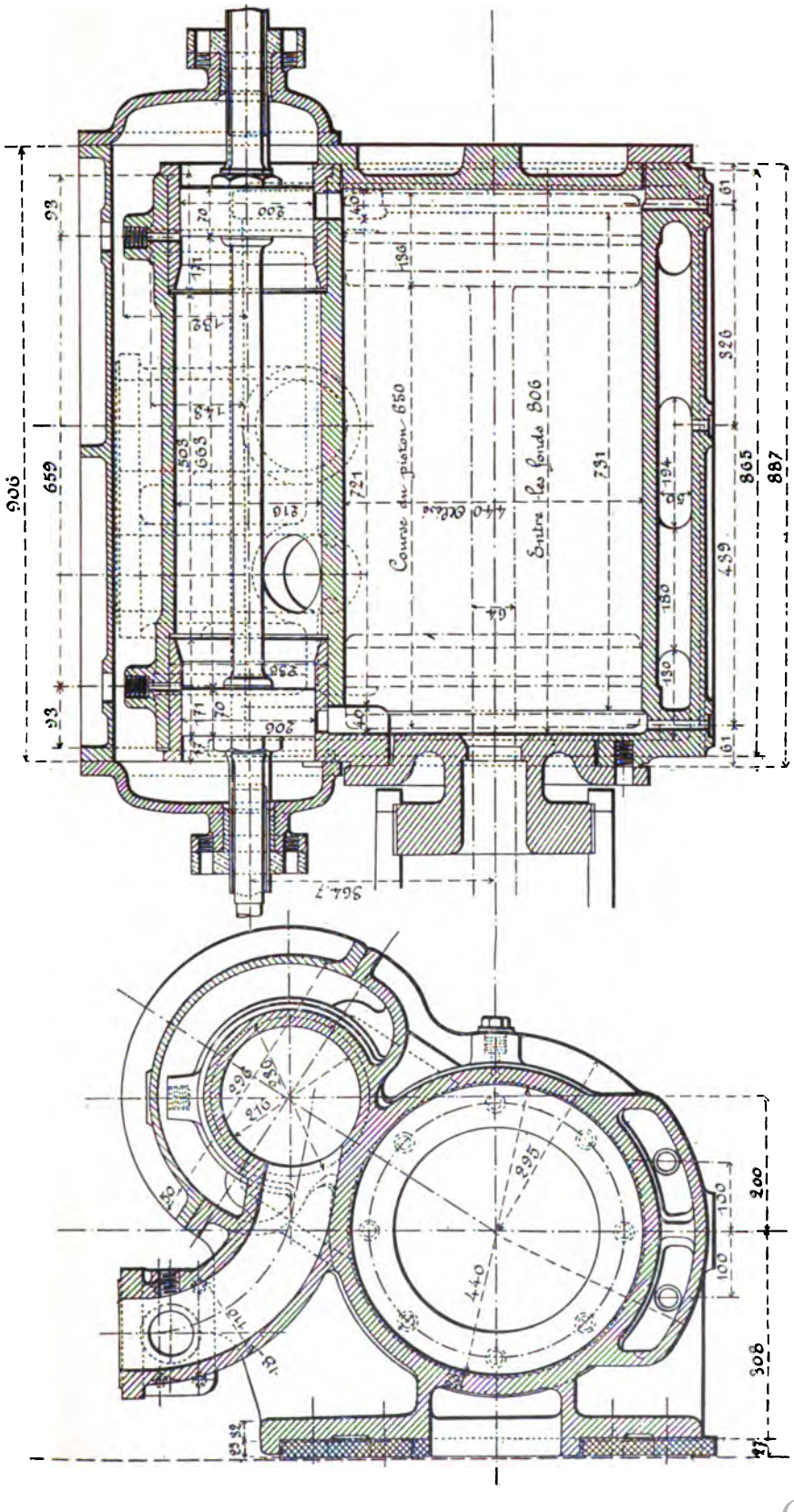


Fig. 461. — Cylindres (extérieurs avec tiroirs cylindriques, des locomotives à grande vitesse (série 2069-2099 et 2500-2528) des *Chemins de fer de l'État français*.

Digitized by Google

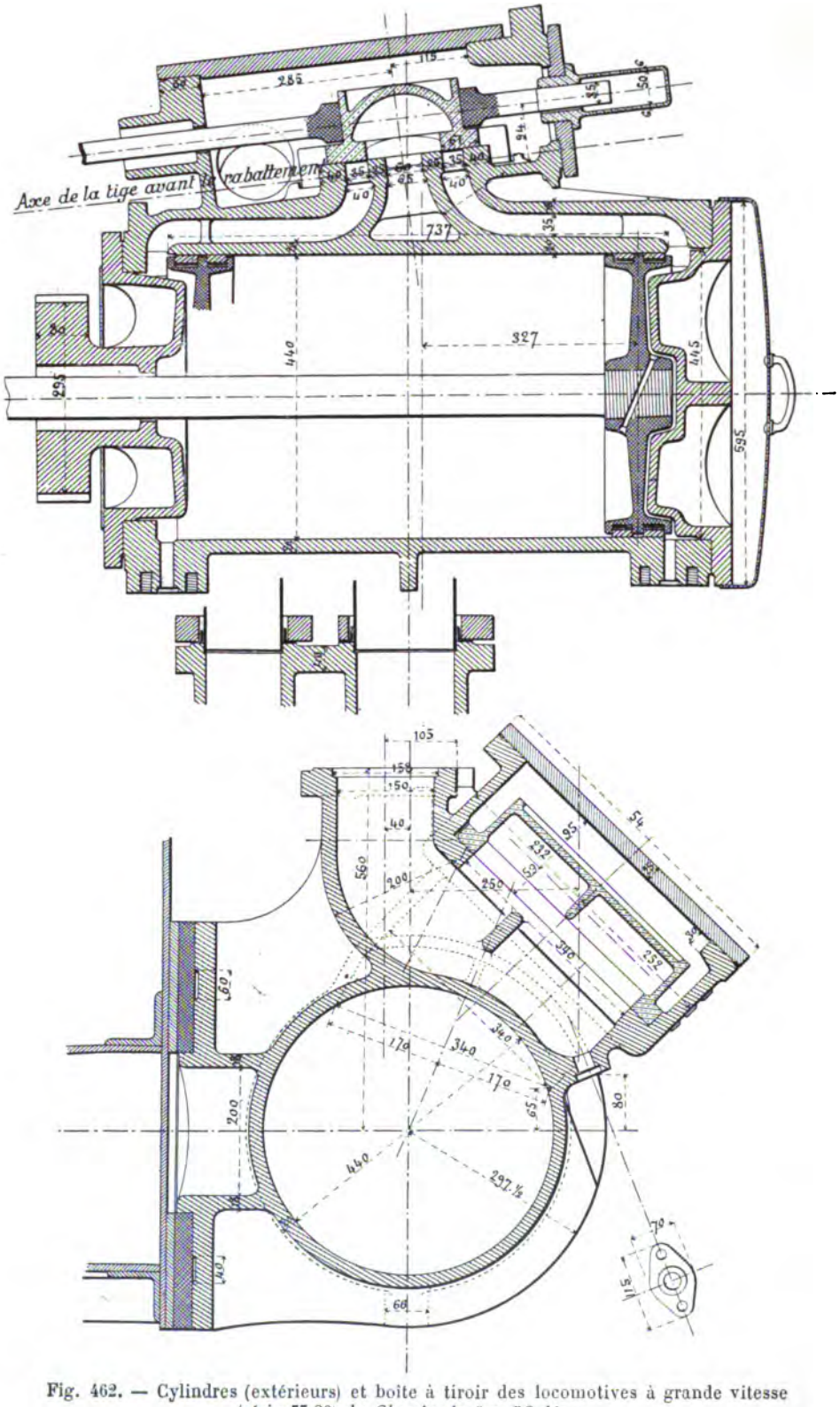


Fig. 462. — Cylindres (extérieurs) et boîte à tiroir des locomotives à grande vitesse (série 77-86) du *Chemin de fer d'Orléans*.

Digitized by Google

Le couvercle le plus rudimentaire se compose simplement d'un disque en métal tourné qui vient s'ajuster sur les brides du cylindre.

La partie qui porte sur la bride est exactement tournée et on pratique sur sa surface des stries concentriques de 1 à 2 mm. de profondeur destinées à retenir le mastic ou le corps destiné à assurer l'étanchéité.

Le joint doit être aussi mince que possible, car il est alors plus facile à tenir et on a moins à craindre une inégalité d'épaisseur qui obligerait le couvercle à prendre une certaine obliquité. Il forcerait ainsi sur ses prisonniers et, s'il comporte un presse-étoupes pour contre-tige de piston, l'axe de cette dernière ne serait plus exactement dans le prolongement de celui du cylindre, ce qui entraînerait une montage défectueux ayant pour résultat des échauffements et des grippages. Autrefois, on assurait l'étanchéité du joint du cylindre et de son plateau au moyen d'une couche de minium ou mieux d'un mastic composé d'un mélange de minium, de céruse et de filasse. Les joints, ainsi constitués, étaient trop épais, se désagrégeaient au contact de la vapeur et empêchaient un montage rigoureux. Aujourd'hui, grâce à un meilleur ajustage, on peut se contenter de joints très minces effectués comme nous le verrons ailleurs. Souvent même, il suffit d'imprégner d'huile les deux surfaces de la bride et du couvercle qui viennent en contact et de serrer énergiquement le joint. On est certain, avec un tel procédé, que le couvercle est bien strictement perpendiculaire à l'axe du cylindre.

Le plateau n'a pas seulement pour but de fermer le cylindre, il doit encore être disposé de manière à remplir l'espace mort sans obstruer les lumières et il épouse la forme du piston quand celui-ci est à bout de course (fig. 466). A cet effet, il pénètre d'une certaine quantité dans le cylindre de manière à ne laisser, entre sa face intérieure et le piston, à bout de course, que le jeu strictement nécessaire au bon fonctionnement. La partie qui pénètre dans le cylindre doit être tournée extérieurement de façon à s'ajuster à frottement doux. La partie saillante du couvercle assure un montage correct du plateau et recouvre le joint de la bride, ce qui concourt à l'étanchéité en soustrayant le joint à l'action directe de la vapeur.

Quand le couvercle est très haut, la partie saillante n'est pas polie sur toute sa hauteur afin surtout de diminuer la main-d'œuvre.

Le joint du couvercle et de la bride doit être assez étroit pour que le portage s'effectue suivant toute sa surface. A cet effet, on abat souvent l'arête extérieure de la bride ; d'autres fois, on pratique une gorge sur les deux brides du cylindre et du couvercle.

Le raccordement de la portée du couvercle et de la bride cylindrique ne peut se faire à angle vif non plus que celui du cylindre avec sa bride, sous peine de voir les effets du retrait amener des ruptures de la pièce. Afin que le joint des brides soit opéré convenablement, on doit donner au congé du

Digitized by Google

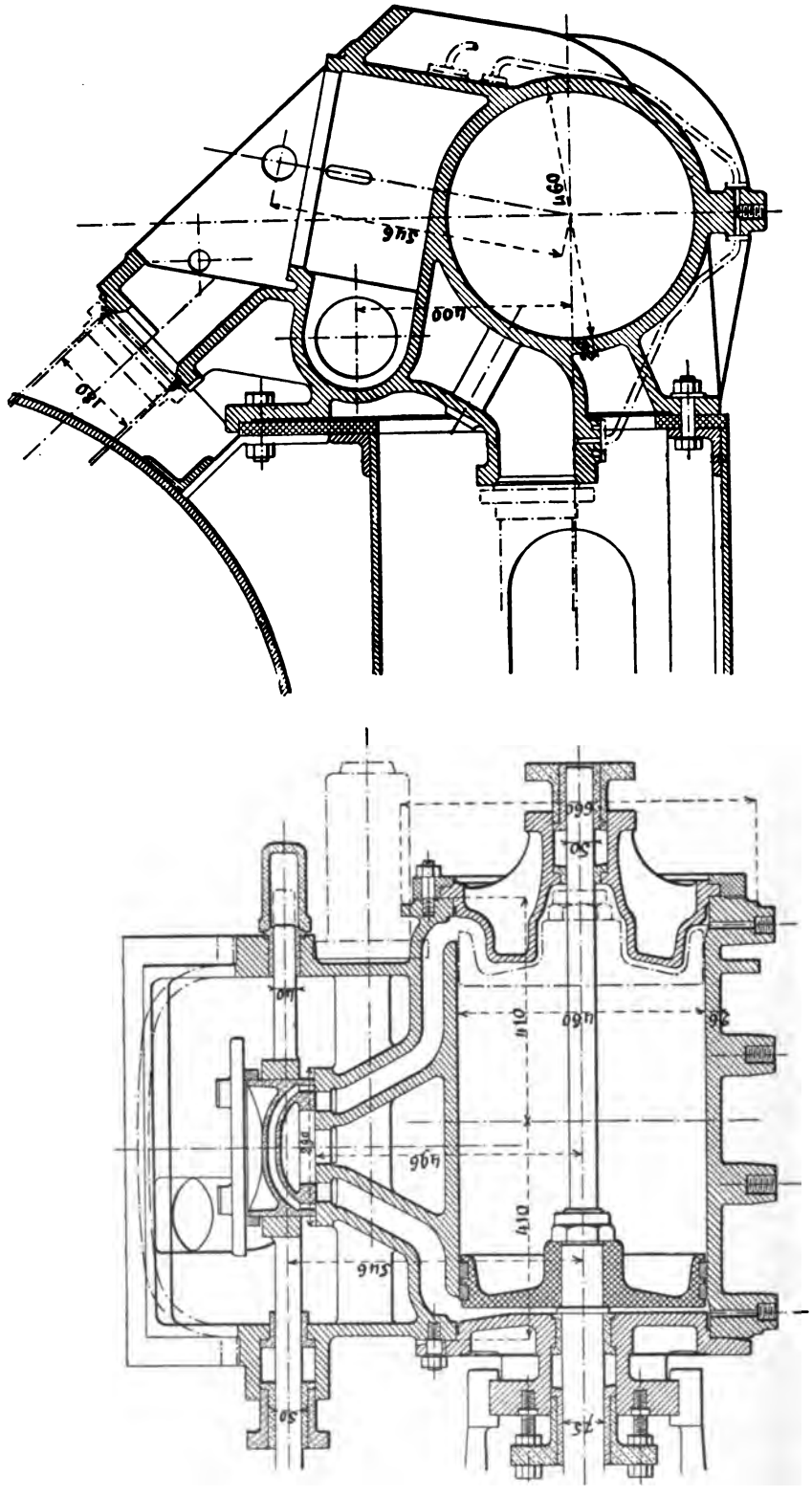


Fig. 463. — Cylindre à haute pression (extérieur) des locomotives compound à grande vitesse de l'*Etat prussien* (Cologne).

Digitized by Google

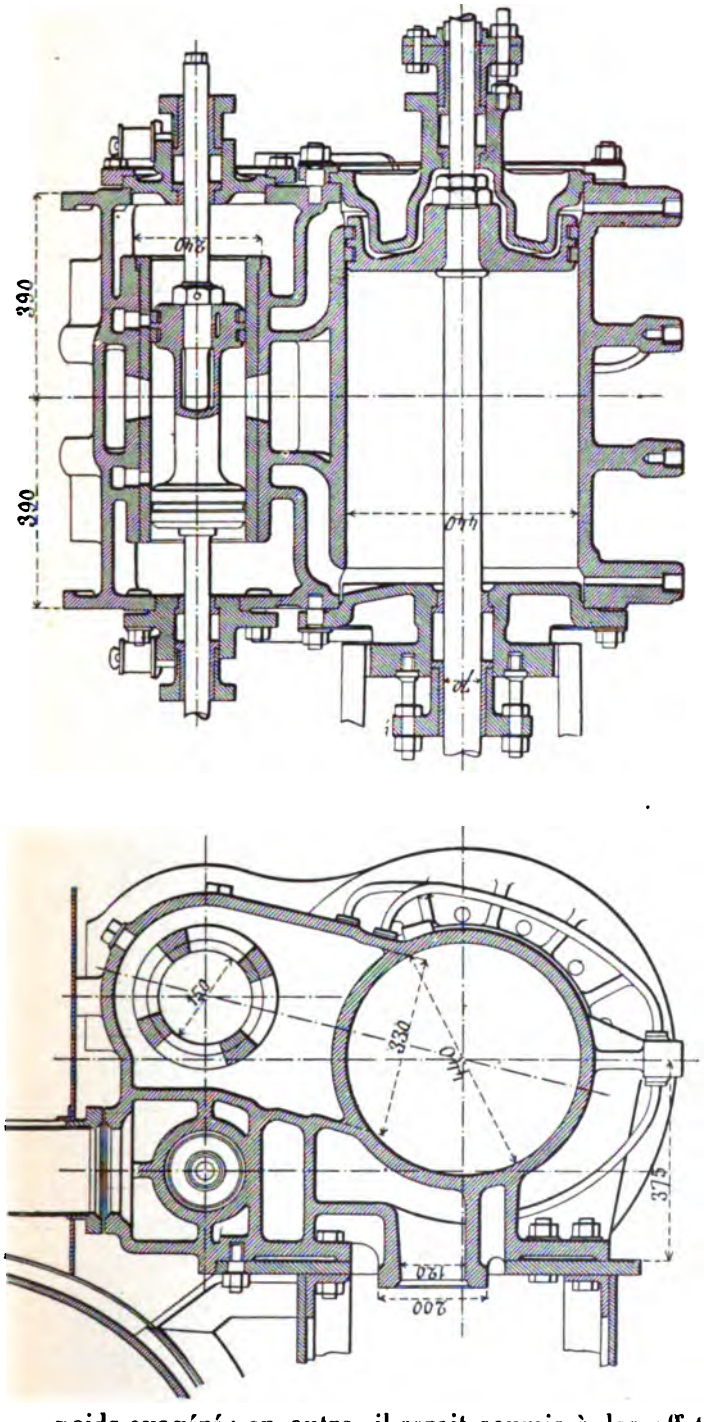


Fig. 464. — Cylindres (extérieurs) avec tiroirs cylindriques système Henschell (*État prussien*).

couvercle un diamètre légèrement supérieur à celui du cylindre, de telle sorte qu'ils ne portent pas l'un sur l'autre dans l'arrondi, ce qui empêcherait le collage des brides.

Pour les raisons que nous avons expliquées plus haut il arrive souvent que la bride du cylindre se trouve à une distance assez considérable de l'arête terminant l'alésage du cylindre et que, pour éviter d'avoir des espaces morts exagérés, le couvercle doit pénétrer dans le cylindre d'une quantité presque égale à la hauteur de l'amorce. Le plateau prend alors la forme qu'on lui voit sur les figures 452, 453, 457, 463. On ne peut dès lors le faire plein, car on perdrait beaucoup de matière, et le couvercle aurait un poids exagéré; en outre, il serait soumis à des effets de retrait susceptibles d'amener des ruptures. C'est pourquoi on donne au couvercle, en tous ses points, une épaisseur uniforme, un peu inférieur, à celle des brides et il

Digitized by Google

prend extérieurement une forme assez contournée, ses deux faces présentant sensiblement le même profil. Pour le consolider, on dispose alors des nervures rayonnantes au nombre de trois à cinq suivant le diamètre et l'importance du couvercle. On est alors conduit à recouvrir le couvercle d'une

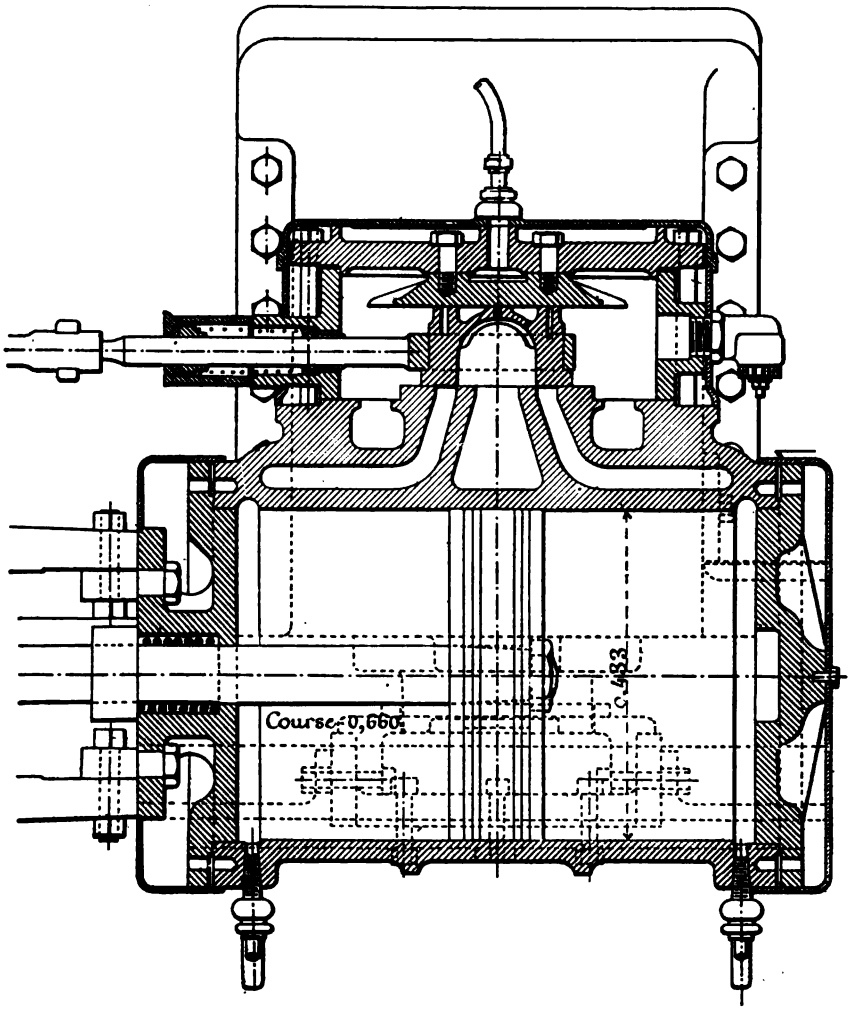


Fig. 465. — Disposition d'ensemble des cylindres et tiroirs des locomotives américaines (Erie RR). Coupe longitudinale.

enveloppe en tôle ou en bois, destinée à masquer les cavités pratiquées dans le couvercle et d'y éviter l'accumulation de l'huile et de la poussière voir (fig. 452, 453, 462, 465).

On emploie très peu, sur les locomotives, les couvercles à double toile.

La *Compagnie d'Orléans* emploie depuis quelque temps des couvercles de cylindres en acier moulé (fig. 467).

Digitized by Google

Les cylindres, quand ils sont extérieurs, sont enveloppés d'une chemise métallique mince avec interposition d'un matelas d'air et quelquefois d'une enveloppe en bois, ou en ciment calorifuge, ou en composition à base

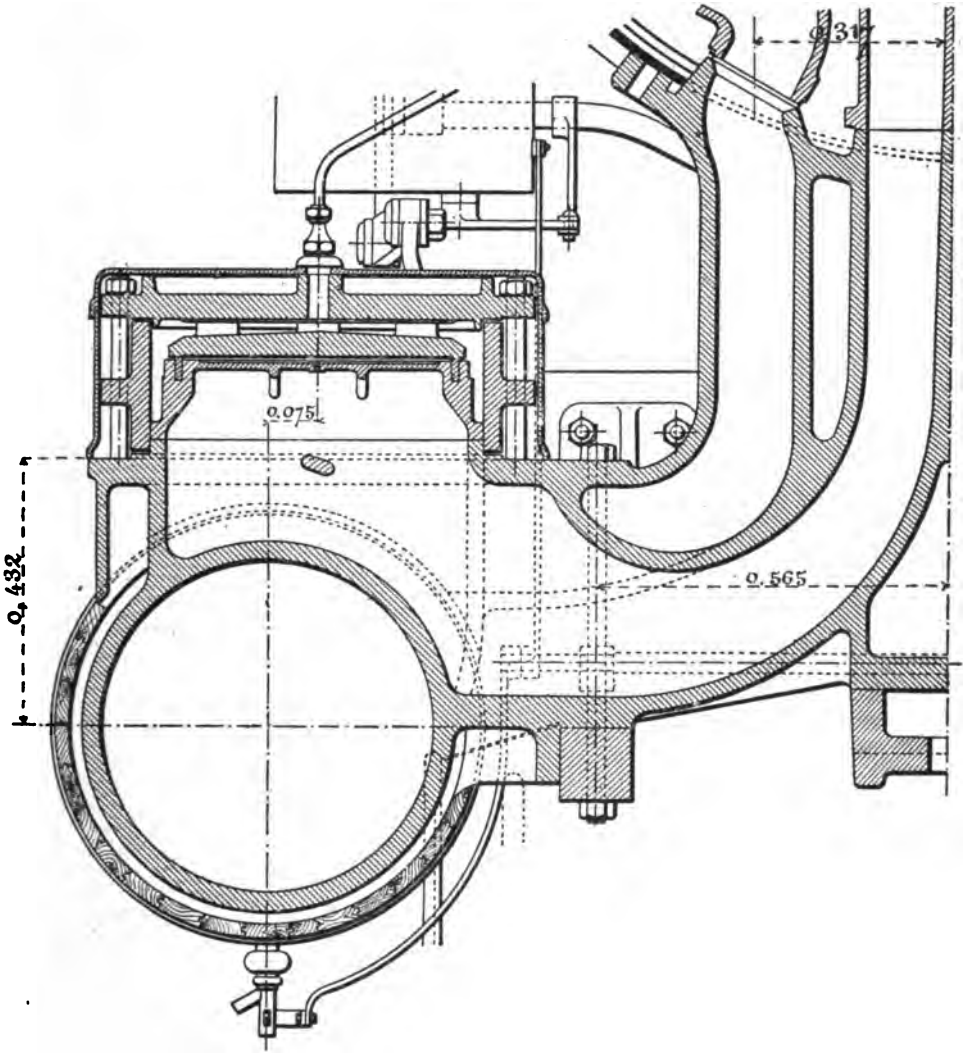


Fig. 465 *bis*. — Disposition d'ensemble des cylindres et tiroirs des locomotives américaines (Erie RR). Coupe transversale.

d'amiante. La chemise extérieure est ordinairement en tôle d'acier mince que l'on peint. Les *Compagnies d'Orléans* et de *Lyon* emploient des chemises en laiton que la première ne peint pas. Aux Etats-Unis, on emploie uniquement à cet effet la tôle russe oxydée que l'on ne peint jamais.

Cette enveloppe a pour but d'éviter le refroidissement par rayonnement et convection et de remplacer la surface brute des cylindres, inégale, présen-

Digitized by Google

tant des bossages et des nervures susceptibles de servir de réceptacle au cambouis et aux dépôts graisseux, par une surface unie, facile à nettoyer et à entretenir.

Les Américains ne se contentent pas de chemiser les cylindres; dans toutes leurs locomotives, ils recouvrent aussi les fonds et leurs écrous avec des boîtes en fonte mince, polie, qui sont fixées par un simple prisonnier au couvercle en leur centre (fig. 465) Ce dispositif pourrait être avantageusement usité en Europe pour les machines à cylindres extérieurs, car il simplifie notablement la besogne des nettoyeurs.

D'ailleurs, cette pratique s'est répandue en Angleterre et a été suivie pour quelques locomotives récemment construites en France (*P.-L.-M.*, C. 21-60; *Ouest*, 2301-2304, P.O., 77 à 86 (fig. 462, etc.).

239. Disposition d'ensemble des cylindres. — On trouvera (fig. 450 à 465) quelques exemples propres à fixer les idées sur le mode de construction des cylindres.

240. Cylindres intérieurs. — Nous avons choisi quelques types représentant la plupart des dispositions usitées :

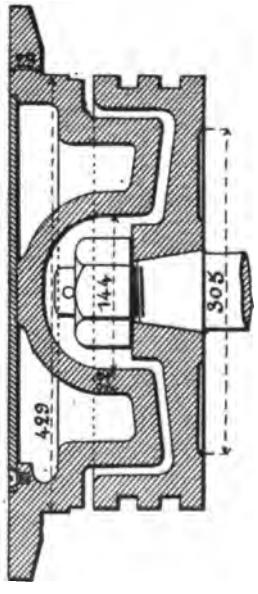


Fig. 466. — Piston à souche simple et couvercle de cylindre.

Cylindres des locomotives-tenders de banlieue de la Compagnie de l'Est, n° 684-742 (fig. 452). — Les longerons sont extérieurs, ce qui, par la suppression des fusées intérieures de l'essieu moteur, a permis d'écarter suffisamment les axes des deux cylindres pour placer entre eux verticalement les tiroirs sans restreindre la section des orifices d'échappement. Ces cylindres, fondus séparément, sont reliés entre eux par une bride rectangulaire qui forme en outre le joint de la boîte commune aux deux tiroirs. Une porte, munie des deux presse-étoupes des contre-tiges des tiroirs, permet la visite de ces derniers par l'avant.

Ces cylindres servent de support à la chaudière sur les longerons contre lesquels ils sont fixés par une embase portant à sa partie supérieure un talon destiné à soustraire les boulons à l'effort de cisaillement dû au poids des cylindres et de la chaudière.

L'échappement se fait au centre par une colonne commune.

Cylindres des locomotives du Great Eastern Ry (fig. 458). — Sont fondus d'une seule pièce et supportent la chaudière par leur face arrière sur le haut de laquelle vient reposer la plaque tubulaire de boîte à fumée. Les glaces

Digitized by Google

sont placées au-dessus des cylindres et les tiges de tiroir sont inclinés Ces tiroirs sont commandés directement par une distribution Stephenson.

Cylindres des machines mixtes à quatres roues accouplées sur l'avant de la Compagnie de l'Est (fig. 455). — Les tiroirs sont placés vers le dessous dans une boîte commune et leurs glaces sont inclinées en forme de V. Une disposition analogue a été adoptée il y a très longtemps pour les locomotives-tenders de banlieue de la *Compagnie de l'Ouest*.

Cylindres des locomotives express à quatre essieux dont deux accouplés (*type* 12) *de l'Etat belge* (fig. 453). — Les longerons sont extérieurs ; les deux cylindres, fondus séparément, sont réunis par une bride placée dans l'axe de la machine. Les tiroirs sont inclinés et placés sur le côté. Nous avons suffisamment insisté, dans le chapitre précédent, sur cette excellente disposition pour ne pas avoir à y revenir ici. Ces cylindres ne portent pas la chaudière qui repose sur des supports indépendants placés à l'avant par l'intermédiaire d'une boîte à fumée prolongée.

Cylindres à basse pression des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie du Nord (n° 2121-2157), *construites par la Société alsacienne* (fig. 454). — La disposition des boîtes à tiroirs est la même que dans l'exemple précédent, mais leur installation a été un peu plus difficile à cause du grand diamètre des cylindres (0,530 m.) et de l'adoption de longerons intérieurs. Les deux cylindres sont venus de fonte d'une seule pièce et servent de support à la chaudière.

Cylindres des locomotives express à bogie de la Compagnie de l'Ouest (963-790) (fig. 456). — Les cylindres sont fondus séparément et réunis par une bride rectangulaire placée dans l'axe de la machine; ils servent de support à la chaudière. Les boîtes à tiroirs offrent la même disposition que plus haut, mais, étant moins volumineuses, ont été plus faciles à loger.

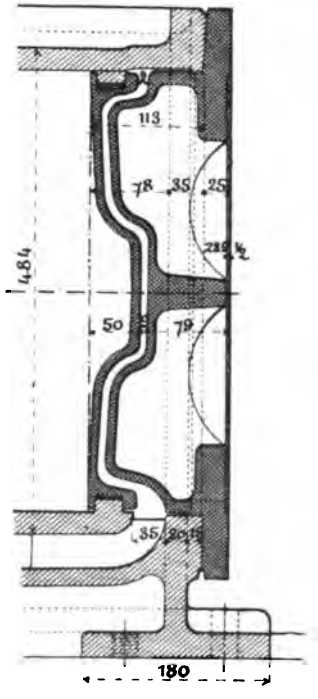


Fig. 467. — Couvercle de cylindre en acier moulé (*Paris-Orléans*).

Cylindres des locomotives express à roues de 2,32 m. (*classe* Q_1) *du North Eastern Ry* (fig. 457). — Les tiroirs sont placés au-dessus des cylindres et commandés par des coulisses de Stephenson, mais avec arbre de renvoi, ce qui a permis de les disposer horizontalement. Ces cylindres ont un diamètre de 0,508 m.

Digitized by Google

241. Cylindres extérieurs. — Nous avons choisi aussi un certain nombre d'exemples typiques de cylindres extérieurs.

Cylindres des locomotives à grande vitesse de la Compagnie de l'Est (série 800) (fig. 459). — La glace du tiroir est sur le dessus, mais inclinée et légèrement déportée vers le dehors pour que sa tige se rapproche de l'axe de la distribution dont les excentriques sont montés sur une contre-manivelle. L'épaulement du cylindre est formé par le contour extérieur du tuyau d'échappement. Le fond arrière est muni d'une porte sur laquelle se trouve le presse-étoupes et qui n'est pas représenté sur la figure.

La figure 460 représente les cylindres de deux locomotives de cette série (nos 833 et 834), auxquelles on a appliqué la distribution Durant et Lencauchez.

Cylindres à haute pression des locomotives à six roues accouplées du Central Suisse (construites par la Société alsacienne) (fig. 450). — Les cylindres de droite et de gauche sont symétriques et comportent chacun deux couvercles. La glace des tiroirs, qui sont commandés par une distribution Walschaërt, est horizontale et placée dans l'axe médian transversal du cylindre pour permettre son retournement.

Cylindres des locomotives à quatre roues accouplées des Chemins de fer de l'Etat français, munies de tiroirs cylindriques (fig. 461).

Disposition des cylindres et tiroirs dans les locomotives express de la Compagnie d'Orléans (fig. 462). — L'exemple choisi a été emprunté aux locomotives de la dernière série construite (nos 77 à 86), mais ne diffère pas matériellement de la disposition classique usitée pour la plupart des locomotives de cette Compagnie.

Cylindres des locomotives express à bogie compound de l'Etat prussien (fig. 463).

Cylindre à haute pression d'une locomotive compound construite par Henschell et Cie, de Cassel (fig. 464). — Tiroirs cylindriques placés au-dessus et légèrement déportée vers le dehors. Les brides des plateaux et le corps du cylindre sont renforcés par de très hautes nervures servant d'attache à une chemise de même diamètre que celle du grand cylindre.

Ensemble du cylindre, de la boîte à tiroir et de la pièce de support de chaudière d'une locomotive américaine construite par les Schenectady Locomotive Works (fig. 465) et qui peut servir d'exemple typique de la disposition usuelle aux Etats-Unis, décrite plus haut et sur laquelle nous n'avons plus à revenir.

242. Les organes mobiles du mécanisme moteur des locomotives comprennent les pistons et leurs tiges, les crosses et les bielles. Ils doivent satisfaire à plusieurs conditions souvent contradictoires dont les principales sont la solidité et la légèreté.

Digitized by Google

Ils doivent être très robustes en raison du service pénible qu'ont à effectuer les locomotives, des chocs auxquels elles sont soumises, des démarrages brusques, des coups de patinage, etc. Il est nécessaire qu'ils soient légers afin de ne pas créer d'efforts perturbateurs exagérés, capables d'affecter notablement la stabilité des machines aux grandes vitesses. On a réalisé, à ce point de vue, dans ces dernières années, d'importants perfectionnements, par un choix plus sévère des matériaux employés, mais surtout par une étude appropriée des pièces, particulièrement des pistons, des crosses et des bielles. Nous en verrons de nombreux exemples.

243. Pistons et tiges de pistons. — Le piston est destiné à transmettre à la bielle motrice, par l'intermédiaire de sa tige, les efforts de traction et de poussée alternativement exercés par la vapeur sur ses deux faces. Pour qu'il soit réellement efficace, cet organe doit constituer une cloison mobile et parfaitement étanche séparant les deux côtés du cylindre sans qu'il se produise de fuite entre l'admission et l'échappement.

Le piston devra donc être construit en vue de résister à la pression exercée sur lui par la vapeur et d'assurer l'étanchéité à son pourtour, sur la périphérie du cylindre. On ne saurait pourtant se contenter de lui donner l'épaisseur voulue pour qu'il résiste seulement aux efforts statiques dus à la pression de la vapeur sur ses faces. Il doit en outre être à même de supporter les chocs provenant des coups d'eau ou les efforts d'inertie.

D'autre part, le piston, étant un organe animé d'un mouvement alternatif, devra présenter une légèreté aussi grande que possible pour ne pas accroître démesurément, par son action, les efforts perturbateurs résultant de l'inertie des organes alternatifs du mécanisme.

Sa hauteur devra être limitée au strict nécessaire afin de réduire au minimum le volume du cylindre. On sait en effet que la longueur de ce dernier, comprise entre les fonds, est égale à la course augmentée de la hauteur du piston et du jeu laissé à fond de course entre le piston et les plateaux.

Ce jeu (fig. 474, 477) doit être aussi faible que possible afin de ne pas accroître dans une trop grande mesure le volume des espaces morts, sauf dans les petits cylindres de certaines machines compound où de trop faibles espaces nuisibles entraînent une contre-pression exagérée à la fin de la période de refoulement, mais suffisant pour assurer le fonctionnement parfait de la machine et éviter que le piston ne vienne porter sur les fonds du cylindre à bout de course, entraînant de ce fait des avaries graves, par suite d'un jeu anormal non rattrapé, par exemple. Ce jeu peut naturellement être plus faible du côté avant puisque le rattrapage des jeux, rendu nécessaire en service par suite de l'usure continuelle des coussinets, a pour effet de

Digitized by Google

diminuer la longueur des bielles motrices d'axe en axe des tourillons. Ordinairement on donne de 4 à 6 mm. de jeu sur l'avant et de 9 à 10 mm. sur l'arrière.

Le piston se compose en principe du *corps* ou *souche*, et de la garniture : *segments* ou *bagues*, ressorts, etc., destinés à assurer l'étanchéité (fig. 468 à 477).

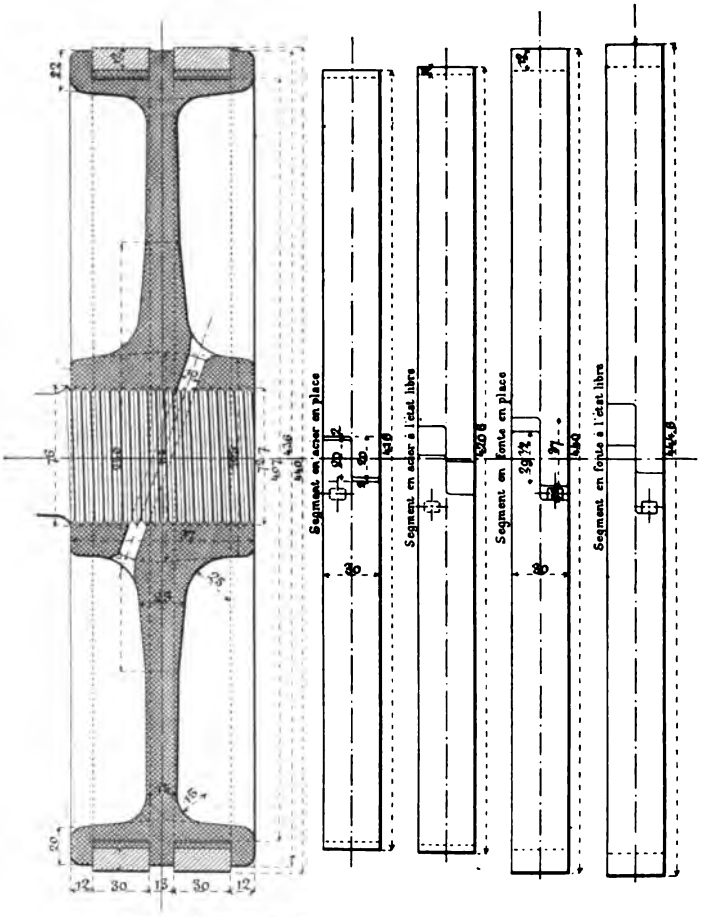


Fig. 468. — Piston et segments. Locomotives à grande vitesse (série 77-86) du *Chemin de fer d'Orléans*.

En principe, la garniture du piston n'a d'autre but que de parer à l'imperfection de la construction, — les moyens dont dispose la mécanique ne permettant pas, surtout pour des machines dont les organes présentent de grandes dimensions, d'obtenir une cylindricité parfaite du piston et du cylindre — et de remédier à l'usure qui se produit invariablement au bout de quelque temps de service. Il est certain que le meilleur piston, si le travail des outils était d'une perfection assez grande, se composerait d'un simple disque tourné au même diamètre que l'alésage du cylindre, sauf le très faible jeu voulu pour qu'il puisse glisser à frottement doux. Un tel piston serait en effet de construction moins dispendieuse, plus simple, moins sujet aux accidents de toute nature et donnerait lieu à un moindre frottement que les dispositifs actuellement en faveur. Toutefois, son étanchéité ne serait pas assez complète en pratique. En outre, les fuites augmenteraient rapidement à mesure que l'usure se produirait soit sur les parois intérieures du cylindre, soit à l'extérieur du piston.

Dans les locomotives, le corps du piston se confectionne soit en fonte

Digitized by Google

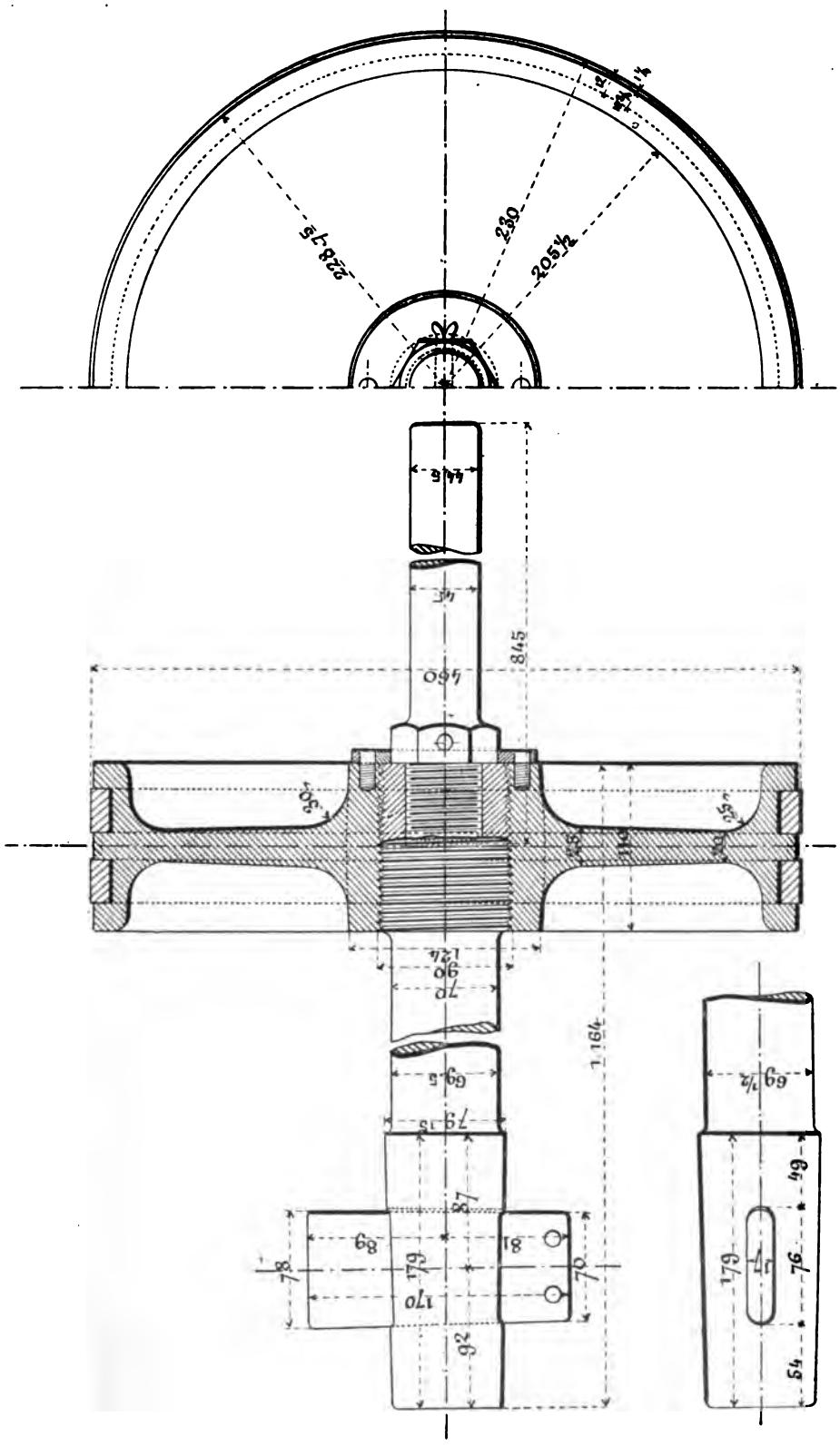


Fig. 469. — Piston, avec tige et contre-tige, des locomotives de banlieue (série 684-712) des *Chemins de fer de l'Est*.

Digitized by Google

(surtout en Angleterre ou aux États-Unis), soit en fer étampé, en acier moulé

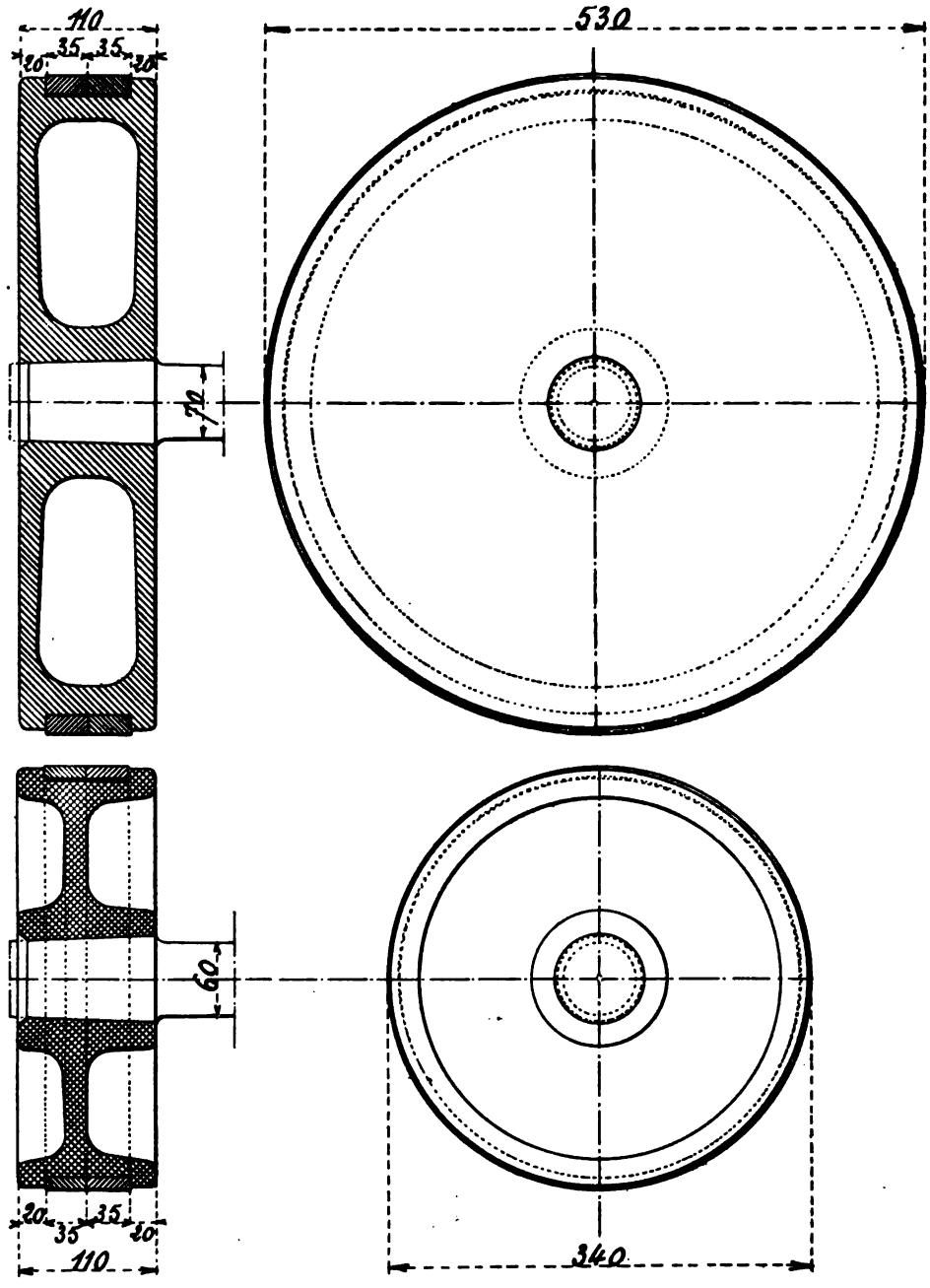


Fig. 470. — Piston (cylindres à HP et BP) des locomotives compound (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

et quelquefois en bronze. Il se compose, soit d'une simple toile plane, munie à sa périphérie d'une couronne qui s'y fixe par son milieu ou par une arête,

Digitized by Google

soit de deux toiles séparées par un vide, reliées par le moyeu, par la couronne et ordinairement par quelques nervures radiales; les faces du piston alors sont planes.

Quand on veut donner aux pistons à simple toile une grande légèreté, on forme la souche d'un tronc de cône très aplati qui, par sa raideur naturelle,

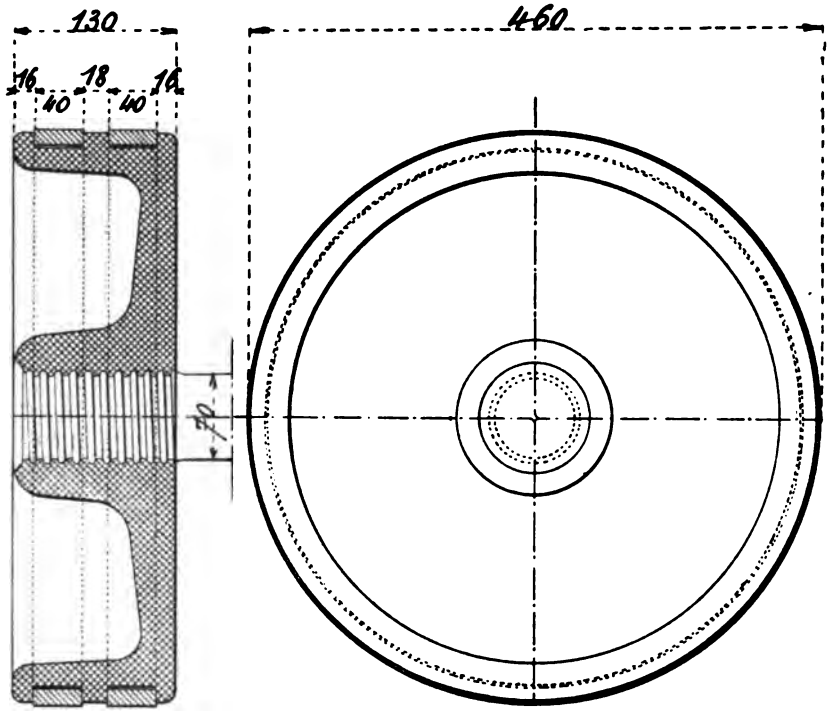


Fig. 471. — Piston des locomotives à grande vitesse (série 953-990) des *Chemins de fer de l'Ouest.*

permet de diminuer l'épaisseur. Cette disposition présente un autre avantage dans les locomotives à cylindres intérieurs qui peuvent, lorsqu'elles sont ramassées, avoir des bielles de longueur un peu insuffisante, c'est le cas par exemple de beaucoup de machines anglaises. La conicité du piston dont la grande base est tournée vers l'essieu moteur, permet de rentrer le presse-étoupes dans l'intérieur du cylindre, d'une quantité égale à la hauteur du cône et de diminuer par conséquent la saillie sur l'arrière (fig. 473).

On ne doit pas perdre de vue toutefois que, pour diminuer le volume des espaces morts, les fonds du cylindre doivent respectivement épouser la forme des parois antérieures et postérieures du piston. Compliquer la forme de ces dernières, c'est donc aussi compliquer celle des plateaux; on peut s'en rendre compte par l'examen des figures 474 et 478 où les fonds du cylindre, par suite de la forme du piston, sont à génératrices inclinées. Le genre de garniture adopté pour les locomotives dérive presque toujours des types *suédois*

Digitized by Google

ou Ramsbottom et se compose ordinairement de deux bagues en fonte, non jointives, qui s'appliquent sur les parois du cylindre par l'effet de leur propre bande. On a renoncé aux dispositifs compliqués, à une certaine époque si en faveur, garnitures discontinues, dispositifs complexes de coins de serrage et de vis de réglage. Chacun de ces segments est coulé et tourné sous forme d'une bague continue d'un diamètre extérieur supérieur de quelques centimètres à l'alésage du cylindre. On vient ensuite couper cette bague sur une longueur telle qu'en la pressant et sans amener complètement les bords en contact, on puisse la faire pénétrer dans le cylindre.

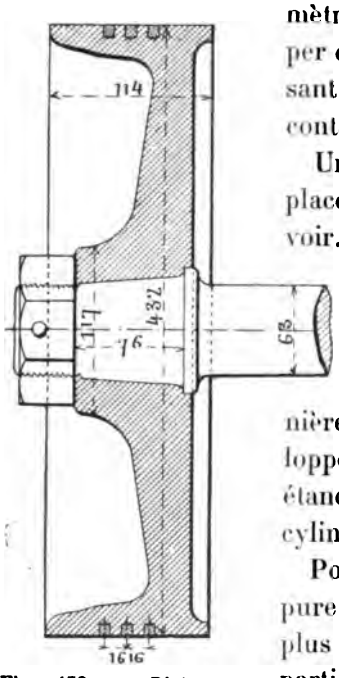


Fig. 472. — Piston en fonte du *London and North Western Railway*.

Une fois tourné, dressé et coupé, le segment est placé dans la cannelure du piston destinée à le recevoir. Il doit s'y ajuster à frottement doux sans jeu sensible dans le sens longitudinal pour ne pas donner de choc lors du changement de direction à chaque bout de course. Aussi les gorges du piston doivent-elles être tournées de manière que le segment s'y applique sur tout son développement. La bague doit, en effet, former joint étanche, aussi bien avec le bord du piston qu'avec le cylindre.

Pour empêcher les fuites par le travers de la coupure des segments, on donne au piston le diamètre le plus grand possible afin qu'il vienne les recouvrir en partie. Souvent, on dispose, en outre, derrière la coupure, une languette fixée à un des bouts du segment qui vient masquer la fente en s'y appliquant, mais sans empêcher le jeu élastique dudit segment. Afin d'éviter de rayer les cylindres, souvent on pratique obliquement la coupure des bagues.

Les segments du piston, sauf de rares exceptions, sont en fonte. On sait en effet que le frottement de fonte sur fonte est un des meilleurs qui soient; ce métal présente en outre une grande élasticité et une dureté remarquable, il est peu coûteux et susceptible de prendre un très beau poli.

Toutefois, sa dureté devient quelquefois un inconvénient dans cette application spéciale. Si en effet la bague est aussi dure ou plus dure que le corps du cylindre, ce dernier s'usera autant ou plus qu'elle, ce qu'il faut éviter, car le segment, de faible poids et de peu de valeur, est d'un tournage ou d'un remplacement moins dispendieux que le réalésage du cylindre. Ce segment est en somme un organe sacrifié d'avance à l'usure qui doit l'entamer seul. Cependant il est bon qu'il soit composé d'un métal présentant une dureté suffisante pour que cette usure ne soit pas trop rapide. Il y a donc là un juste

Digitized by Google

milieu d'autant plus difficile à garder que les segments, étant de petit volume, se refroidissent plus vite, après la coulée, que le cylindre et par conséquent ont une tendance à se tremper et à durcir davantage. On doit donc avoir

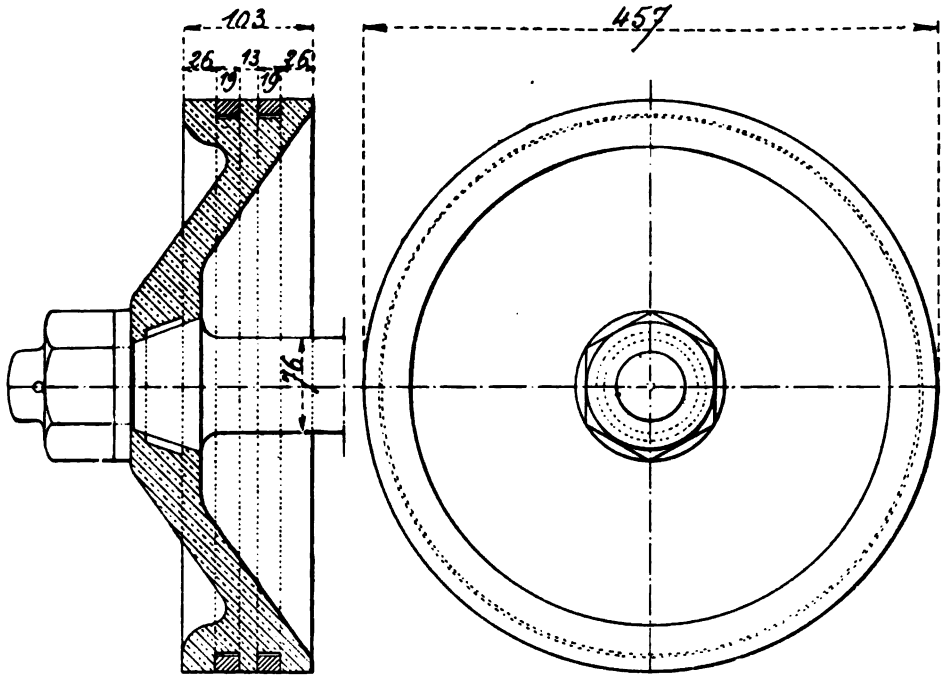


Fig. 473. — Piston de type anglais, en bronze. Montage sur un cône à génératrice très inclinée pour faciliter le démontage.

soin de confectionner les bagues en fonte douce, d'autant plus que le métal du cylindre, si la pièce est compliquée, est généralement assez doux lui-même.

On a, depuis quelques années, essayé avec succès les bagues en bronze dans la marine, mais elles demandent, pour bien fonctionner, un graissage plus abondant et plus régulier que celui des cylindres de locomotives.

Les *tiges de piston* se font ordinairement en acier demi-dur, afin de mieux résister à l'usure à l'intérieur de leur presse-étoupes. Ces tiges, parfaitement cylindriques et tournées avec soin, sont montées de manière à se trouver dans l'axe du cylindre. Elles sont assemblées très solidement avec le piston, la pression de la vapeur qui tend à les séparer pouvant atteindre jusqu'à 25 t. Leur diamètre varie de 0,065 à 0,090 m., suivant la section du cylindre et la pression de la vapeur.

L'assemblage de la tige sur le piston s'effectue suivant des dispositifs très variés mais se rattachant à deux classes suivant que la tige, se démontant facilement sur la crosse, est *fixée à demeure sur le piston*, ou, au contraire, qu'elle forme avec le piston un *assemblage facilement démontable*.

Digitized by Google

En France, et sur le continent européen en général on préfère les assemblages fixes sur le piston et les tiges sont calées à la presse, rivées ou vissées à chaud sur le moyeu du piston (fig. 468 à 471). En Belgique, en Angleterre et aux États-Unis notamment, on donne au contraire la préférence aux assemblages démontables sur le piston; la tige est maintenue d'un côté par un collet venu de forge, de l'autre par un écrou (fig. 472 à 476). Quand la portion de la tige qui pénètre dans le moyen du piston est

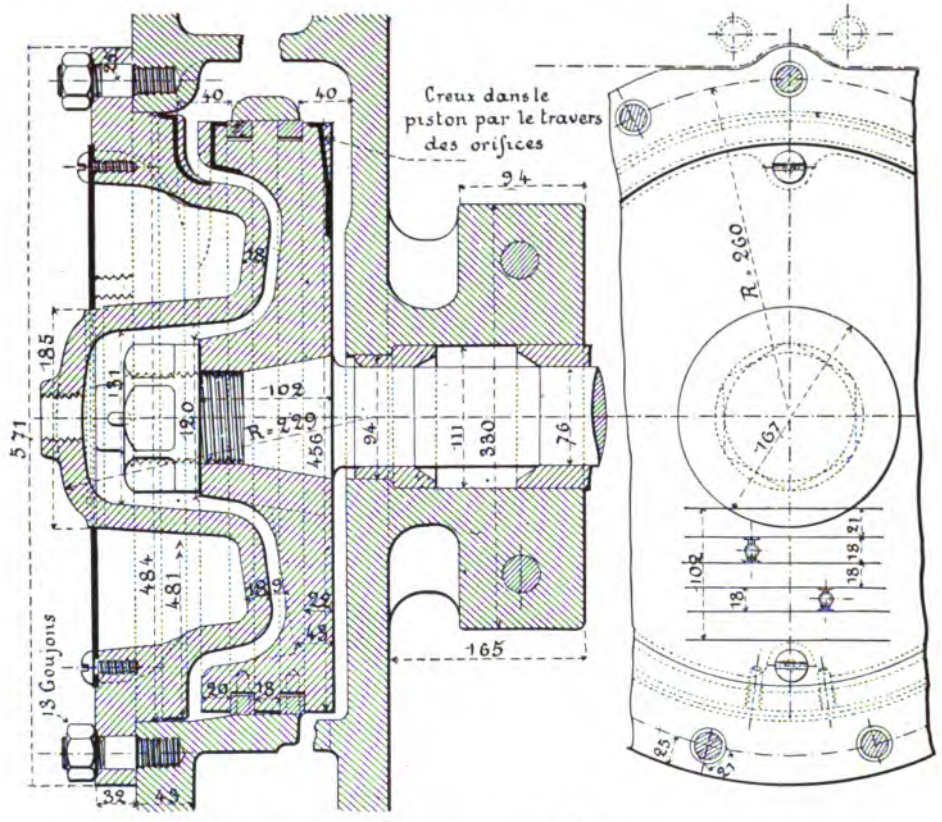


Fig. 474. — Piston, fond de cylindre et couvercle des locomotives dites *Standards* du *Lancashire and Yorkshire Ry.* (d'après le *Railway Engineer*).

cylindrique, le démontage présente quelquefois certaines difficultés à cause de l'adhérence entre la tige et le piston; on y remédie en adoptant l'assemblage sur cônes.

Dans l'immense majorité des cas, la tige de piston est fixée sur la crosse au moyen d'un assemblage à cône et d'une clavette (fig. 469). On trouvera cependant plus loin un nouveau type de crosse américaine dans laquelle cet assemblage est effectué comme sur le piston par un épaulement et un écrou.

Les pistons se retirent vers l'avant; quand ils sont fixés à demeure sur

Digitized by Google

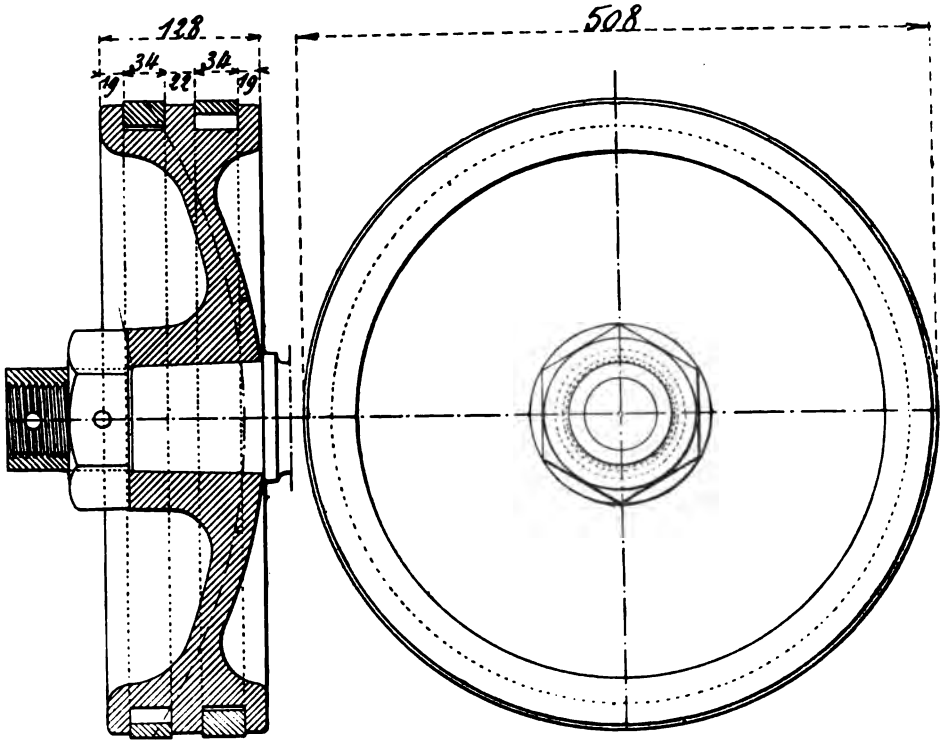


Fig. 475. — Piston en acier moulé des locomotives (type K) du *Chicago, Burlington and Quiney Railroad.*

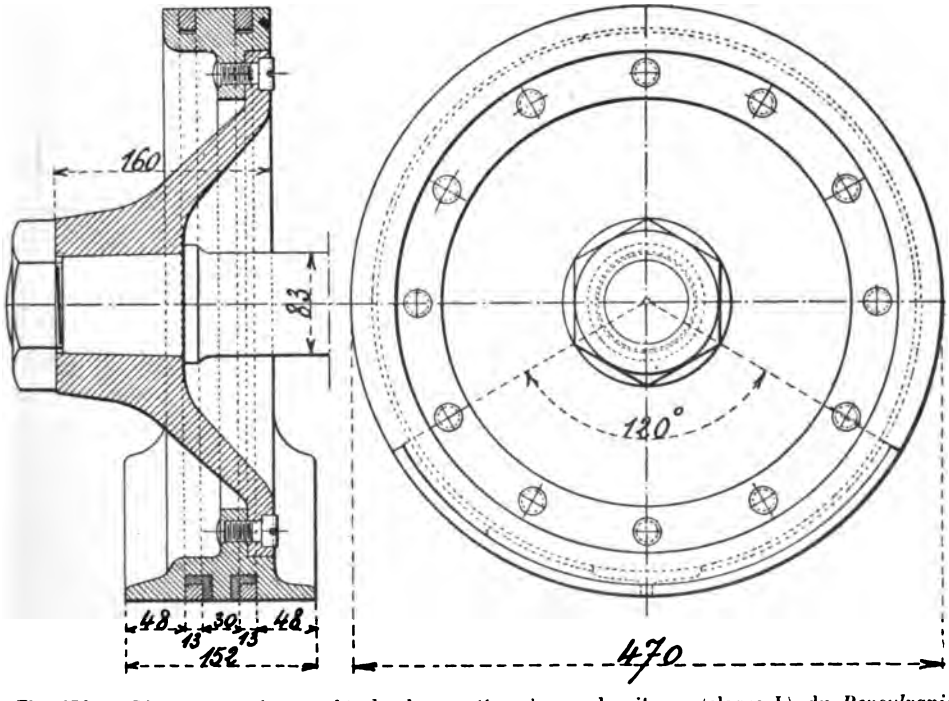


Fig. 476. — Piston, en acier moulé, des locomotives à grande vitesse (classe L) du *Pensylvania Railroad.* La tige est entrée à la presse sous une pression maximum de 6 tonnes.

Digitized by Google

leur tige, celle-ci doit se sortir avec eux; la tige doit donc passer à travers la bague de fond de la garniture du cylindre et, à ce seul point de vue, il serait bon qu'elle ne présentât, sur l'arrière, ni collet ni saillie d'aucune sorte. Il ne peut guère en être ainsi parce que, dans l'assemblage de la tige sur la crosse, si l'on donnait à la grande base du cône un diamètre égal ou légèrement inférieur à celui de la tige, on affaiblirait beaucoup celle-ci, l'ouverture destinée au passage de la clavette ne laissant plus assez de matière. Aussi, dans les machines modernes, renfle-t-on toujours le cône d'assem-

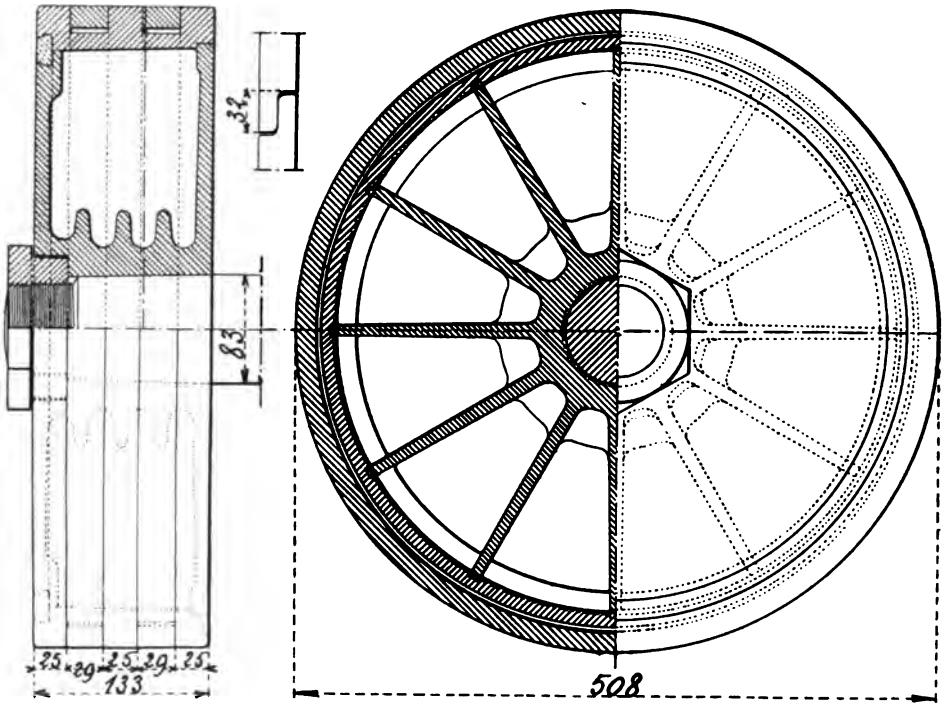


Fig. 477. — Piston très léger, en fonte malléable (*Norfolk and Western Railroad*).

blage sur la crosse, mais la tige ne peut plus passer à travers la garniture à moins que l'on ne prenne la précaution suivante : le chapeau du presse-étoupes est alésé à un diamètre intérieur supérieur à celui de la grande base du cône d'assemblage et on le garnit intérieurement d'une douille en deux pièces que l'on vient retirer par le côté lors des démontages, la tige peut alors passer à travers le trou du chapeau pour être retirée par l'arrière. De même, le grain ou bague de fond de la garniture est également en deux pièces, séparées par une coupure diamétrale.

On trouvera figures 468 à 477 quelques dessins de pistons montrant quel est leur mode général de construction et de fixation sur leurs tiges. L'assemblage par une partie filetée vissée à chaud est employé entre autres par

Digitized by Google

les Compagnie de l'*Ouest*, de l'*Est* et de *Paris à Orléans*, figures 467, 468 à 471. Les pistons des machines anglaises et américaines sont toujours fixés sur leur tige par un écrou.

Depuis quelques années on s'attache à réduire autant que possible le poids des pistons pour diminuer les perturbations résultant de l'inertie des organes en mouvement. On trouvera figures 475 à 477 quelques pistons américains, en fonte et en acier moulé dans lesquels on s'est particulièrement attaché à cette question de légèreté.

244. Contre-tiges de pistons. — On emploie parfois sur les locomotives des *contre-tiges* qui ont pour but d'empêcher le corps du piston de porter de tout son poids sur le bas du cylindre et d'éviter l'usure irrégulière, l'*ovalisation*, qui en est ordinairement le résultat. Plusieurs Compagnies, en France et à l'étranger, ne croient pas pouvoir s'en dispenser pour les cylindres d'un diamètre notablement supérieur à 0,500 m., par exemple pour les pistons à basse pression des locomotives compound, à cause du poids plus grand des pistons. L'emploi des contre-tiges permet de disposer les segments et le corps du piston d'une manière exactement concentrique à la tige sans que l'on ait à prévoir, vers le bas, une surépaisseur pour l'usure ; il apporte une simplification certaine dans la disposition des segments du piston et permet une usure plus régulière du cylindre, mais il entraîne d'autre part une certaine complication et l'addition d'une garniture supplémentaire.

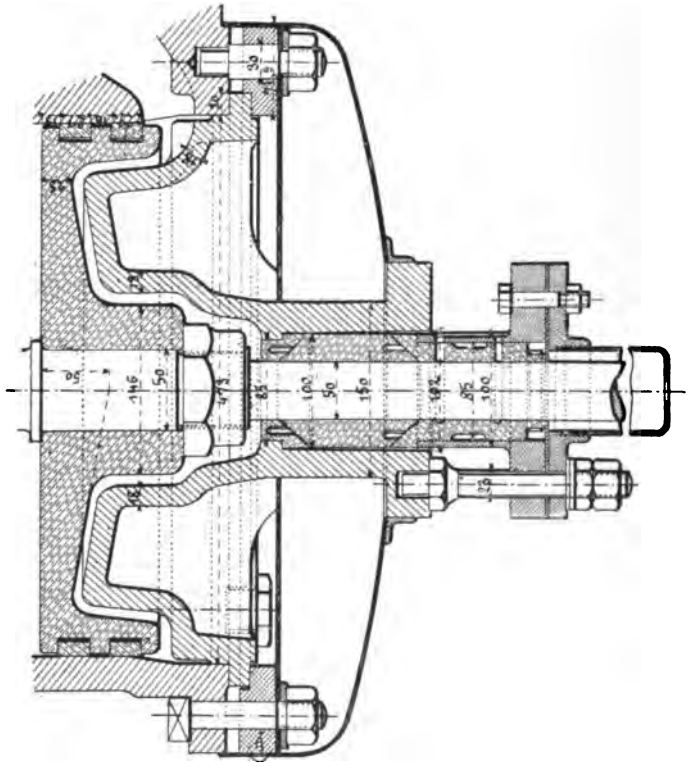


Fig. 478. — Piston (avec contre-tige) et couvercle du cylindre des locomotives à grande vitesse de l'*État saxon* (d'après MM. Von Borries et Blum).

La contre-tige, dans sa forme la plus simple, n'est en somme qu'un prolongement de la tige du piston traversant le couvercle, du côté opposé à l'essieu moteur, dans un presse-étoupes, sur le grain duquel elle repose, supportant ainsi une partie du poids du piston (l'autre partie portée par la tige) et centrant ce dernier sur ses segments. Le diamètre de la contre-tige

Digitized by Google

est nécessairement inférieur à celui de la tige proprement dite, à moins d'employer des artifices particuliers, puisque l'assemblage du piston sur sa tige, dans l'immense majorité des cas, est opéré au moyen d'un emmanchement à vis ou à écrou monté sur une partie filetée que porte la tige, du côté du couvercle (fig. 478). Son diamètre maximum doit donc être légèrement inférieur à celui de la tige du piston au fond des filets afin de permettre le montage et le démontage du piston. C'est là un inconvénient, car la surface de portage de la contre-tige dans le grain du presse-étoupes est nécessairement réduit et il se produit à la longue une usure qui, si faible soit-elle, n'en entraîne pas moins un désaxement du piston. Les avantages du système subsistent cependant, car, malgré cette usure, le piston ne vient pas porter sur le fond du cylindre qui ne tend plus à s'ovaliser.

On se dispense parfois de l'addition d'une garniture sur le couvercle pour le passage de la contre-tige. On entoure la tige d'un léger fourreau en bronze d'épaisseur suffisante pour pouvoir résister à la pression de la vapeur. Ce fourreau est alésé intérieurement à un diamètre supérieur de quelques dixièmes de millimètre à celui de la tige ; il est fermé à son extrémité opposée au cylindre et se trouve monté sur la bague en bronze remplaçant la garniture et qui est creusée intérieurement de quelques cannelures parallèles. La vapeur ne s'y introduit pas à la pleine pression de l'admission en raison de la grande vitesse de la tige et de la faible section restée libre autour de la tige qui constitue un joint presque étanche. Avec cette disposition, le volume correspondant à celui du fourreau lorsque le piston est à fond de course arrière ne vient pas s'ajouter intégralement à l'espace mort.

245. Guidage des tiges de pistons et glissières. — La tête de la tige du piston, guidée par les glissières et sur laquelle vient s'articuler la bielle motrice, assure le mouvement rectiligne de la tige du piston malgré la composante transversale due à l'obliquité de la bielle motrice.

Les glissières doivent présenter une section suffisante pour résister sans fléchir à cet effort transversal et, les patins des coulisseaux, une surface frottante assez étendue pour qu'il ne se produise qu'une usure extrêmement minime. Pour un sens déterminé de rotation, cette composante est dirigée du même côté et, par conséquent, applique toujours le coulisseau sur la même glissière. Dans les locomotives, c'est la glissière supérieure qui travaille lorsque la machine marche en avant, et inversement.

Les crosses et les glissières présentent une très grande variété, tant dans leurs dispositions générales, que dans leur mode de construction, mais elles peuvent se rattacher à trois types principaux :

1° *Dispositif comportant quatre glissières situées deux à deux de part et*

Digitized by Google

d'autre de la tige (fig. 479). — La tête de la tige du piston porte une courte traverse qui se termine à ses extrémités par deux tourillons sur lesquels on monte les coulisseaux qui la guident et se meuvent dans deux glissières très rapprochées, fixées aux longerons. Généralement, c'est la crosse elle-même qui forme une fourche à l'intérieur de laquelle vient se placer la petite tête de bielle. Les coulisseaux peuvent être venus de fonte ou de forge avec la crosse. Ce genre de crosse est compact, simple et de construction facile ; il

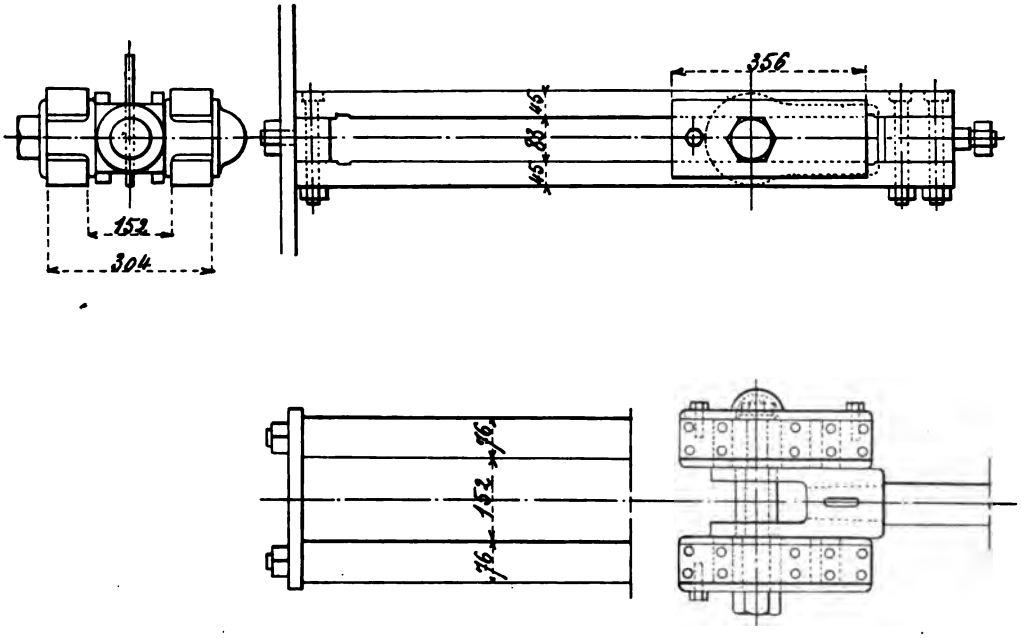


Fig. 479. — Glissières doubles latérales.

s'oppose à toute tendance de rotation autour de son axe et facilite l'accessibilité de la petite tête de bielle. On la rencontre rarement en France (machines de banlieue de l'*Est*), mais elle est extrêment usitée en Belgique et en Angleterre.

2° *Dispositif comportant deux glissières placées dans le plan d'oscillation de la bielle, de chaque côté de la tige* (fig. 480). — C'est le type le plus employé en France, surtout pour les machines à cylindres extérieurs (fig. 428, 429, 430, etc.).

Les deux glissières sont situées dans le plan d'oscillation de la bielle, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la tige ; leur écartement doit donc être suffisant pour permettre le jeu de cette bielle. La crosse appropriée à ce genre de glissières se compose de deux joues solidaires d'un bossage dans lequel la tige de piston est fixée au moyen d'un assemblage conique et d'une

Digitized by Google

clavette. Ces deux joues sont réunies par un double encastrement à des patins en fonte ou en bronze qui coulissent sur les glissières. Le tourillon est maintenu par un chapeau et deux petits boulons, mais, très souvent, il se compose simplement lui-même d'un gros boulon monté sur des cônes ou retenu d'un côté intérieur par un collet.

On employait beaucoup autrefois (anciennes machines Stephenson) un dis-

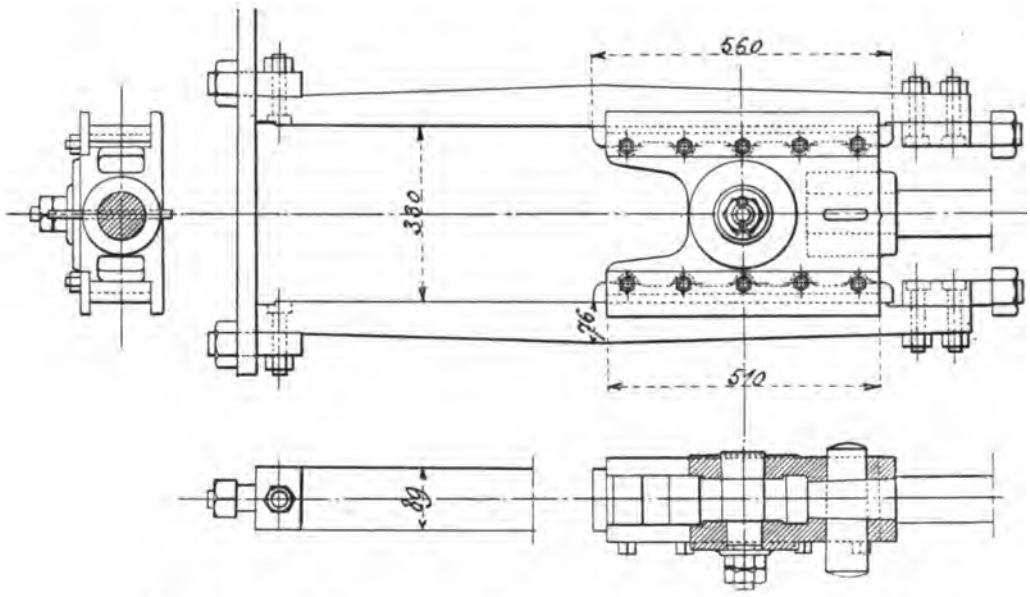


Fig. 480. — Glissières doubles placées dans le plan d'oscillation de la bielle.

positif un peu différent dans lequel les glissières se trouvaient très rapprochées, la crosse n'étant constituée que par un bloc plein en fer portant, de forge, de chaque côté, un des tourillons d'articulation. La bielle affectait la forme d'une fourche, qui embrassait les glissières, dont les deux branches se terminaient par une petite tête à rattrapage de jeu. Ce genre de bielle est encore usité par la *Compagnie de l'Est* (fig. 319) pour ses machines mixtes à roues accouplées sur l'avant.

3° *Dispositif comportant une seule glissière située dans le plan d'oscillation de la bielle au-dessus de la tige* (fig. 481). — Ce type de glissière est assez employé depuis quelques années. On le retrouve sur un assez grand nombre de machines de la *Compagnie du Nord* et sur les machines-tenders des *Compagnies de l'Ouest* et de *l'Est*. La glissière est ordinairement constituée par une barre rectangulaire dont les deux faces sont rigoureusement parallèles, et qui est embrassée par la crosse. La face inférieure sert pour la marche avant et la face supérieure pour la marche arrière. La partie de la crosse qui embrasse la glissière est démontable.

Digitized by Google

On emploie souvent aux Etats-Unis un dispositif du même type, mais dans lequel c'est la glissière elle-même qui embrasse la crosse au lieu que ce soit celle-ci qui vienne l'entourer (fig. 482).

Quel que soit le système adopté, les glissières doivent être rigoureusement parallèles entre elles et à l'axe du cylindre ; elles s'attachent le plus souvent,

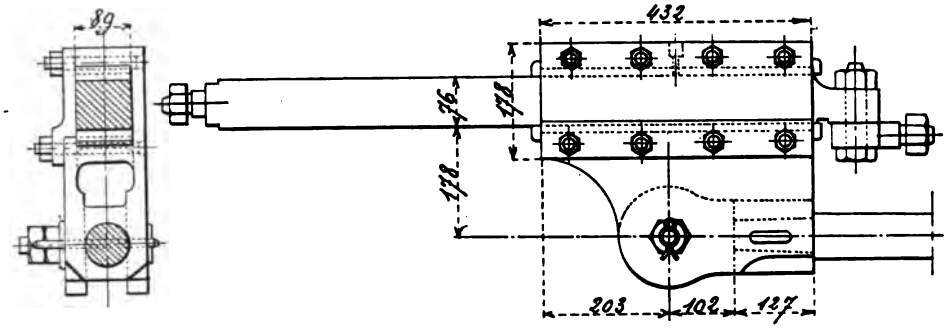


Fig. 481. — Glissière unique placée au-dessus de la tige du piston.

d'un côté à des bossages venus de fonte à cet effet avec le fond du cylindre, et de l'autre à une plaque spéciale de support, percée en son milieu d'une fente rectangulaire pour permettre le passage et l'oscillation de la bielle

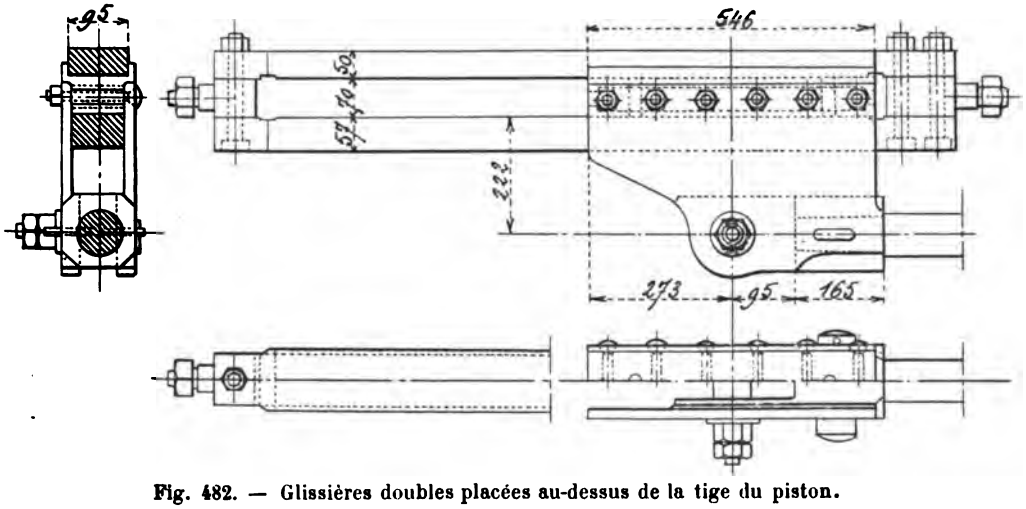


Fig. 482. — Glissières doubles placées au-dessus de la tige du piston.

motrice. Quand les cylindres sont intérieurs, la plaque-support de glissières forme entretoise des longerons. Les glissières se font en acier assez dur pour n'être pas sujettes à une usure trop rapide et pour donner un bon frottement.

Quand les crosses sont en acier doux forgé ou en acier moulé, on rapporte des platines de frottement en fonte, en acier dur ou en bronze.

Digitized by Google

Généralement, dans les locomotives, le rattrapage de jeu s'opère non sur la crosse, mais sur les glissières. A cet effet, celles-ci sont montées sur des cales minces en laiton qui permettent d'opérer un certain réglage.

246. Glissières et leurs supports. — La fonte, nous l'avons vu, est le métal qui conviendrait le mieux pour la construction des glissières, à la fois parce qu'elle donne le meilleur frottement et parce qu'on peut lui donner à peu de frais une forme rationnelle ; on l'écarte toutefois dans les locomotives euro-

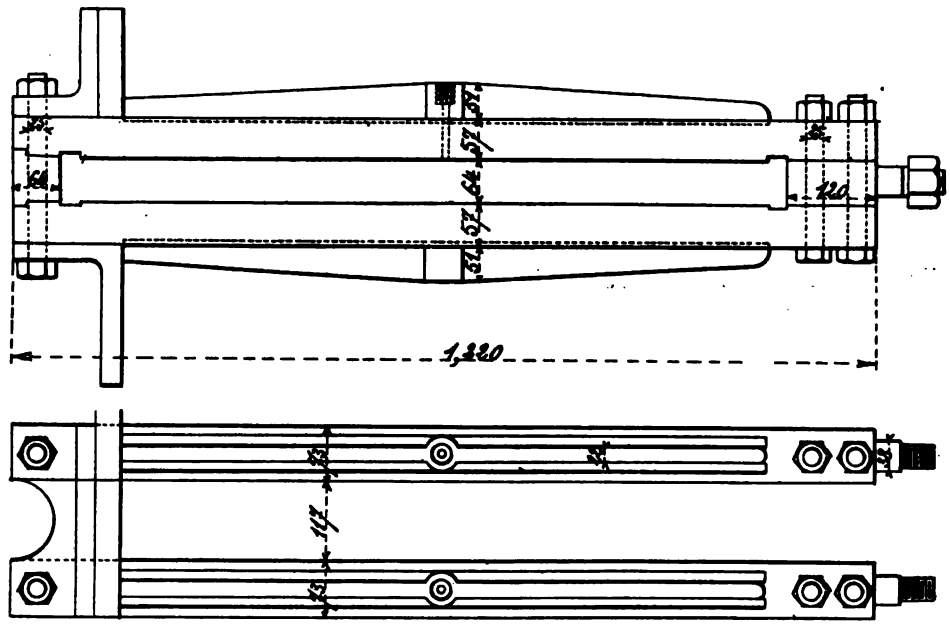


Fig. 483. — Glissières américaines en fonte.

péennes à cause de sa fragilité et surtout du poids trop grand que l'on serait obligé de donner aux pièces si l'on avait recours à son emploi. Ces glissières se font en fer cémenté et trempé, plus souvent en acier. Elles se composent de barres de section rectangulaire parfaitement dressées et parallèles entre elles ; on les renfle généralement au milieu d'autant plus que l'effort qu'elles ont à supporter est plus grand en ce point.

On adopte parfois aux États-Unis des glissières en fonte (fig. 483).

Dans le type à coulisseaux latéraux, les deux glissières nécessaires de chaque côté font souvent partie d'une même barre creusée intérieurement et rabotée en forme de ⊐ (fig. 501).

Les glissières doivent être ajustables pour que l'on puisse parer à l'usure et rattraper le jeu, soit directement, soit après un rafraîchissage à l'outil

Digitized by Google

A cet effet, elles sont montées sur des cales en laiton que l'on vient limer quand il est devenu nécessaire de les rapprocher.

Dans les machines express à cylindres extérieurs commandant le deuxième essieu accouplé, par exemple dans les types du *Grand Central belge*, de l'*Est*, ou pour les mécanismes extérieurs des compounds à quatre cylindres

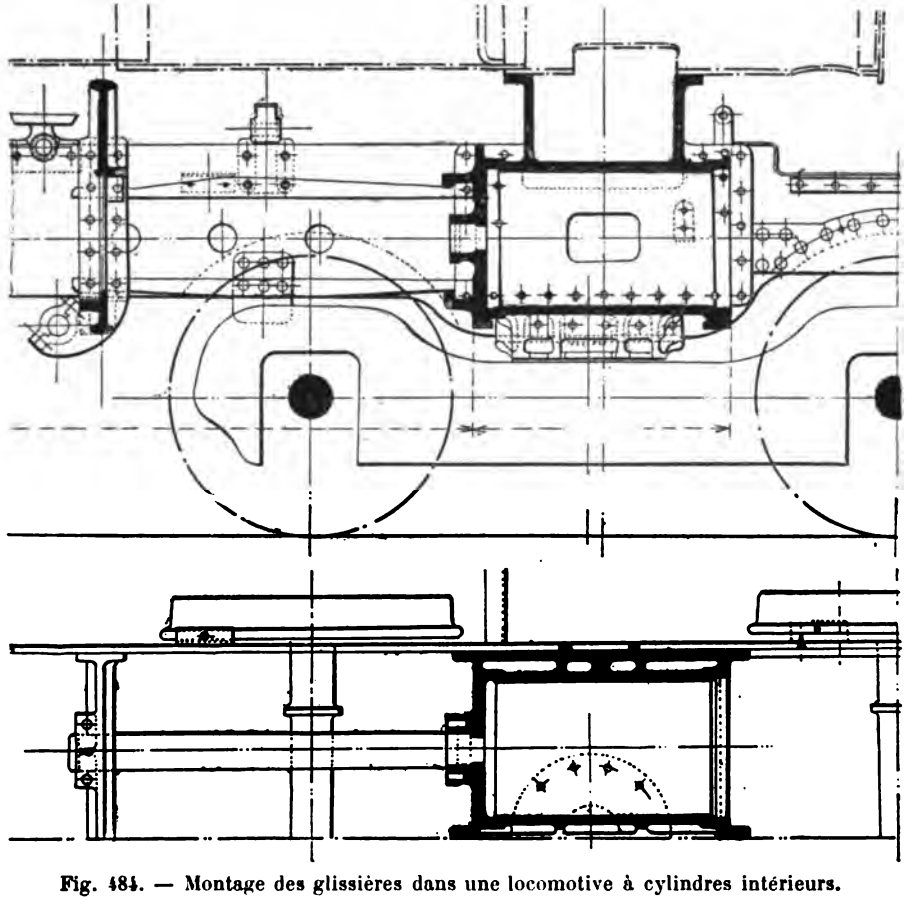


Fig. 484. — Montage des glissières dans une locomotive à cylindres intérieurs.

du *Nord* et du *Midi* (fig. 429), les glissières ont une longueur très supérieure à celle qui est nécessaire pour le guidage des crosses puisqu'elles s'attachent d'une part sur le cylindre qui est en avant des roues accouplées et d'autre part sur un support placé entre celles-ci; il ne peut en être autrement dans les locomotives à châssis intérieur. Vu le grand diamètre de ces roues, la longueur des glissières peut atteindre près de 2,40 m. alors que la course n'est que de 0,65 m. au plus; il faut qu'elles aient une section en rapport avec leur longueur. Pour ne pas, dans la partie dressée sur laquelle coulissent les patins, leur donner un écartement excessif si elles sont à deux barres superposées, on les ouvre vers l'arrière pour permettre le passage de

Digitized by Google

la bielle motrice ; les glissières sont, en outre, légèrement entaillées à l'arrière dans le même but, sur leurs deux faces qui se regardent. Cette disposition est d'ailleurs suivie, quoique d'une manière moins marquée, pour les glissières des locomotives présentant la disposition classique.

Les barres sont supportées, à l'avant, sur des platines dressées que porte le fond du couvercle, dans le voisinage de la garniture de tige de piston, à l'arrière sur une plaque en tôle, en fer forgé ou en acier moulé, dont la disposition varie avec celle des cylindres.

Quand les cylindres sont extérieurs, la plaque de support déborde de chaque côté du longeron et supporte les glissières par des bossages soit venus de forge ou de fonte soit rapportés et tournés vers l'avant (fig. 485). Ces plaques sont attachées aux longerons par de fortes cornières ; une plaque intérieure, fixée aussi au moyen de cornières reliées aux précédentes par les boulons communs de fixation, entretoise les longerons en face de ces plaques afin d'assurer l'invariabilité de leur écartement. Chaque plaque de support est percée d'un trou rectangulaire dont le centre correspond à l'axe du cylindre et qui sert au passage de la bielle ; elle en comporte parfois un autre vers le haut pour la bielle ou la tige du tiroir. Le support de glissière porte aussi le plus souvent les guides de la tige de tiroir quand celui-ci est extérieur. Si la distribution est du type Walschaërt, la plaque sert aussi d'attache aux paliers de la coulisse. Elle est aussi utilisée, dans la plupart des cas, surtout si le relevage est en dessous, comme support pour l'arbre de relevage.

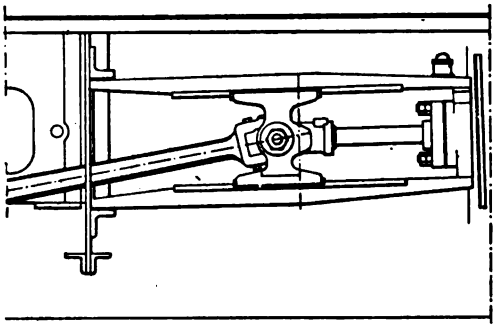


Fig. 485. — Montage des glissières pour cylindres extérieurs.

Les figures indiquent assez clairement les dispositions adoptées dans la pratique pour nous dispenser d'une plus longue description. On trouvera figure 486 une variante empruntée aux locomotives à six roues accouplées et à bogie du *Highland Railway*, qui est ingénieuse et permet une très grande accessibilité des crosses.

Quand les cylindres sont intérieurs, les glissières sont supportées par une entretoise reliant les deux longerons et qui sert aussi d'attache aux guides de tiges de tiroir si ceux-ci sont également intérieurs et aux paliers de l'arbre de relevage ou de la coulisse. La disposition classique est représentée figure 484. Autrefois, ces entretoises se confectionnaient en tôle et il fallait leur rapporter des bouts de cornières ou de nombreuses équerres, pour les fixer aux longerons ou pour servir de points de fixation aux glissières et

Digitized by Google

aux guides. On préfère aujourd'hui les faire en acier moulé, ces pièces portant, de fonte, toutes les attaches et tous les bossages nécessaires (fig. 485). Ce métal est adopté d'une manière générale pour toutes les machines anglaises; il a été employé pour les locomotives express à bogie de la *Compagnie de l'Ouest* (fig. 484), pour les locomotives compound à quatre cylindres construites par la *Société alsacienne*, etc. Dans ces machines à quatre

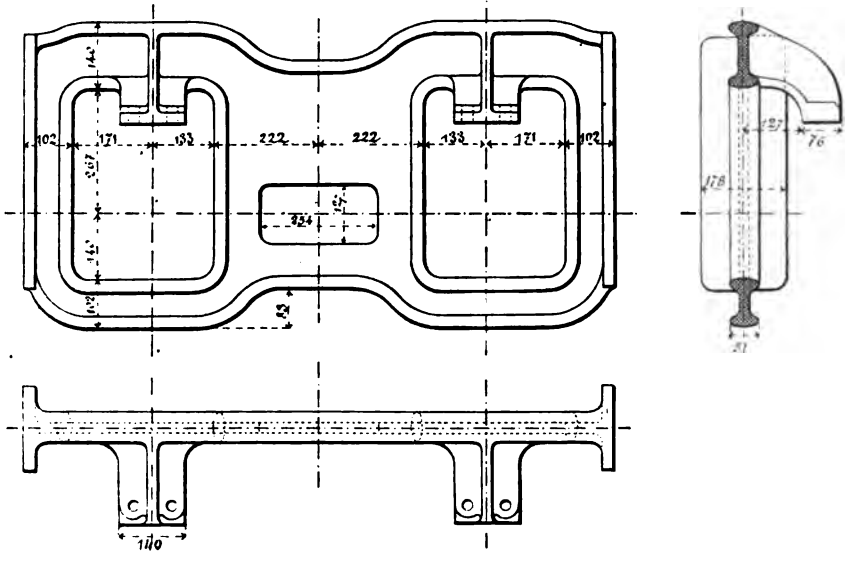


Fig. 486. — Support de glissières (cylindres intérieurs) en acier moulé (*Great Eastern Railway*).

cylindres, l'entretoise support de glissières est à double toile et présente une grande solidité (fig. 429) ; car elle sert à relier les longerons par le travers des cylindres extérieurs à haute pression.

Ordinairement, les glissières sont supportées à leur extrémité arrière. Il arrive parfois que cette disposition oblige à reculer assez la plaque de support pour gêner l'installation des coulisses intérieures ; on avance alors le support sur lequel les glissières qui dépassent la plaque sur l'arrière reposent en un point assez éloigné de leur extrémité postérieure, ce qui ne peut être qu'avantageux puisque l'effort maximum se produit sur les glissières dans le voisinage de leur milieu ; elles se trouvent donc soutenues plus près de leur point le plus fatigué et risquent moins de fléchir (fig. 486). Partant de ce principe, M. Drummond, alors qu'il était ingénieur en chef du *Caledonian Ry*, a eu l'idée de supprimer l'attache sur les cylindres et de supporter uniquement les glissières, vers leur milieu par une très large entretoise en acier moulé à double flasque. Cette disposition, que la *Compagnie de l'Ouest* a aussi appliquée à ses premières locomotives à bogie, présente plusieurs avantages : les glissières, qui ne touchent pas aux

Digitized by Google

cylindres, peuvent rester froides et ne sont pas soumises en outre au déréglage résultant de l'échauffement des plateaux; le support étant reporté vers

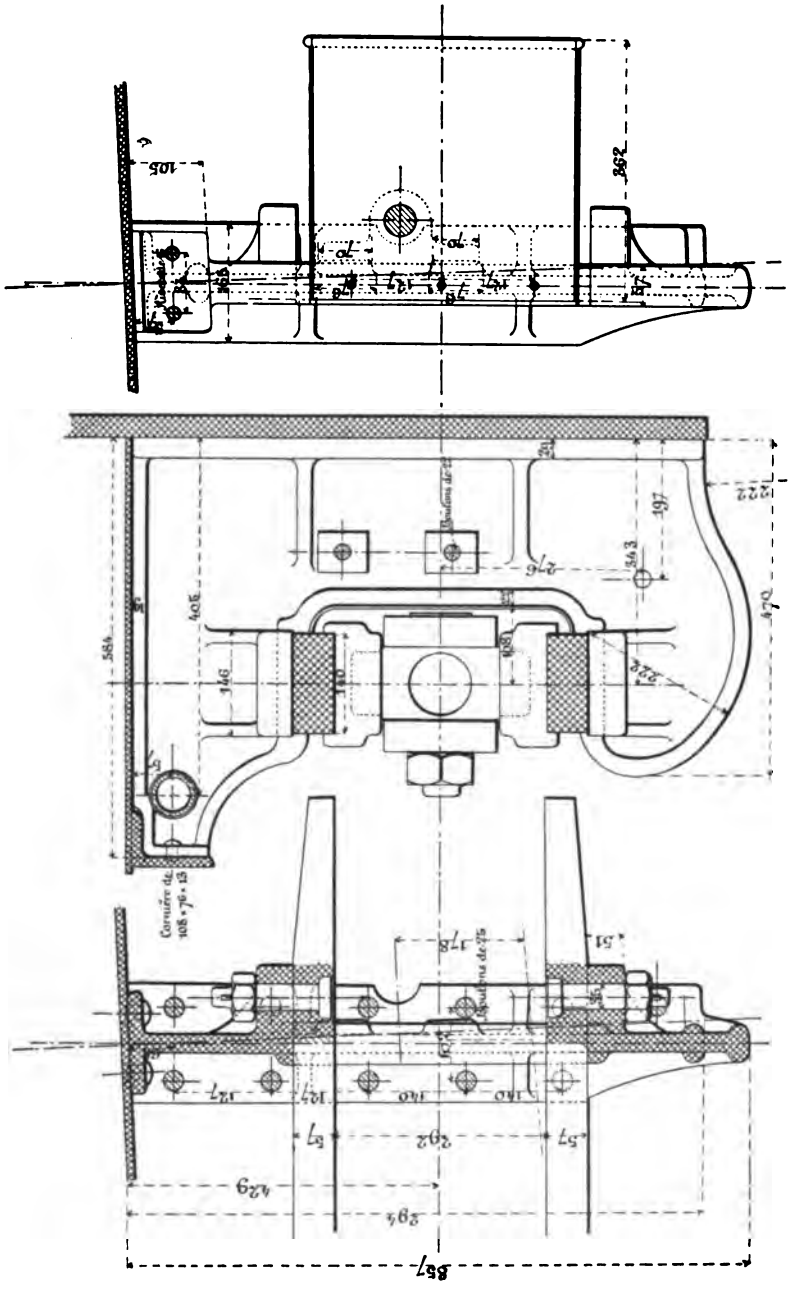


Fig. 487. — Support de glissières (cylindres extérieurs) en acier moulé. Locomotives à six roues accouplées et à bogie du *Highland Railway*.

l'avant, les barres d'excentrique — quand les coulisses sont du type Stephenson ou Gooch, — peuvent être plus longues. Quoi qu'il en soit, ce dispositif ne s'est pas répandu sans doute parce que la massive entretoise

Digitized by Google

centrale constitue un obstacle qui nuit un peu à l'accessibilité des organes du mécanisme.

247. Les crosses de tiges de pistons se font en fer ou en acier forgés, parfois, surtout aux États-Unis, en acier moulé ; il convient de leur rapporter des patins en bronze nu ou antifrictionné, ou en fonte. La fonte convient très bien pour cette destination à cause du poli et de la dureté qu'elle prend après quelque temps d'usage et du bon frottement qu'elle donne si on en a soin. Le bronze au contraire est sujet à s'écailler et a donner lieu à de violents chauffages ; il nécessite en tous cas un graissage abondant. On peut recommander d'antifrictionner les patins en bronze ; les échauffements, s'ils viennent à se produire, ont des conséquences bien moins graves.

Dans la grande majorité des cas, la crosse forme fourche et embrasse la petite tête de bielle articulée sur un axe solidaire de la tête de tige de piston. Cet axe se fait en acier dur ou mieux en fer cémenté et trempé.

La tige de piston est usuellement montée sur cône dans un bossage terminant la crosse à l'avant et maintenue par une clavette.

Crosses pour glissières latérales ou à quatre guides. — Dans la disposition

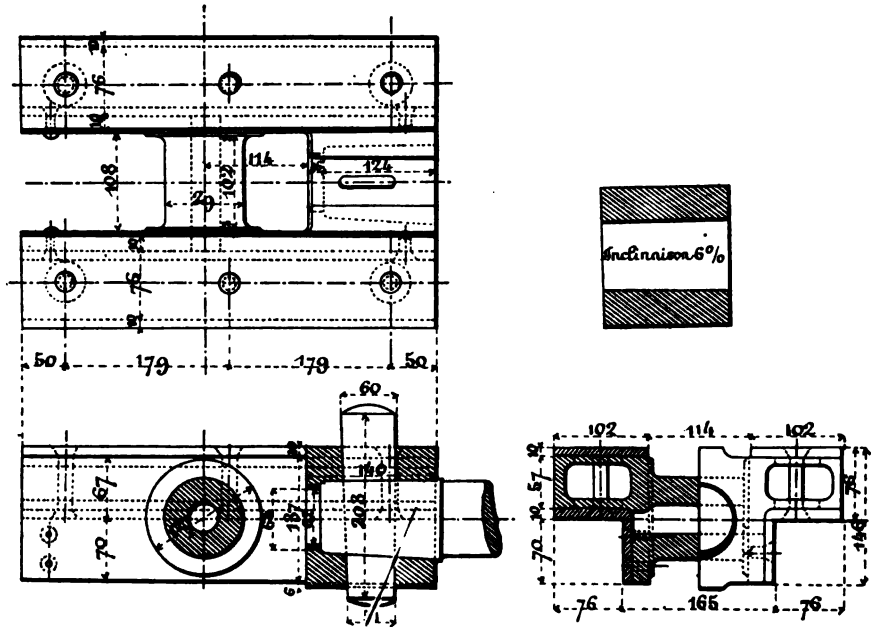


Fig. 488. — Crosse du type américain pour glissières doubles et latérales.

classique la tige de piston est fixée à l'aide d'un assemblage conique dans un bossage que porte la fourche de la crosse, en acier ou en fer forgés. Celle-ci porte le tourillon qui reçoit, en son milieu, entre les deux branches de

Digitized by Google

la fourche, la petite tête de bielle motrice et se termine par deux portions de plus faible diamètre sur lesquelles sont ajustés les coulisseaux en fonte saisis chacun entre deux glissières (fig. 478). Ces coulisseaux sont articulés

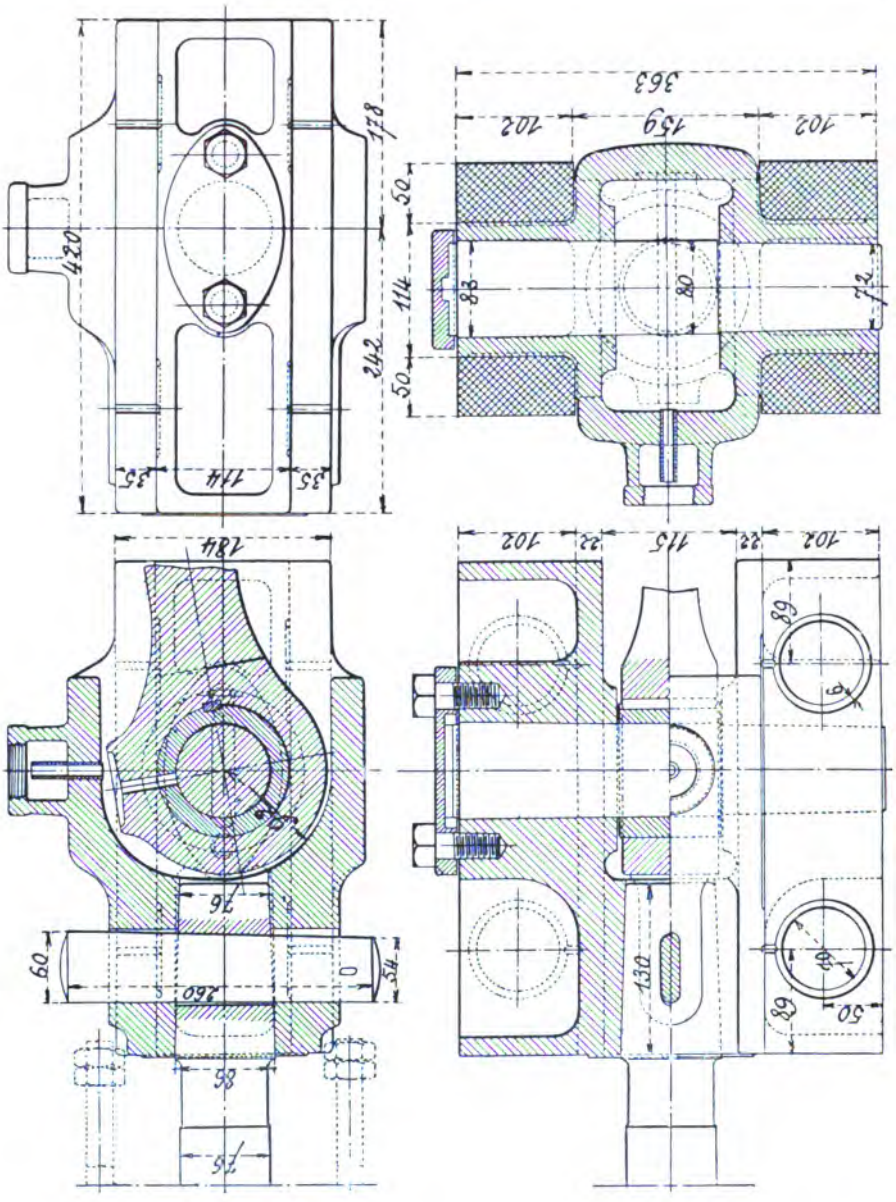


Fig. 489. — Crosse des locomotives du *North London Railway*.

sur les tourillons de manière à se plier à quelques irrégularités de montage s'il y a lieu. Cette disposition n'est pas toutefois justifiée pour des machines bien exécutées, d'autant plus que les coulisseaux ont tendance à prendre du jeu sur leurs tourillons. On doit donc préférer, lorsque l'ajustage est soigné,

Digitized by Google

la disposition représentée figures 488 et 489. Les coulisseaux sont venus de forge avec la crosse qui ne se compose plus que d'une seule pièce, mais il faut alors, comme la crosse est en métal forgé, rapporter des patins en bronze ou en fonte sur ces coulisseaux. Ce type de crosse, fort employé en Angleterre et en Amérique, est plus compact que le précédent et permet, sans nécessiter une plus grande largeur, d'augmenter la surface frottante des coulisseaux, il convient donc particulièrement pour les appareils à grande vitesse. Il est peu compliqué et compact, et s'oppose complètement à toute tendance de rotation du piston autour de son axe en même temps qu'il facilite l'accessibilité de la petite tête de bielle.

Crosses pour glissières à deux barres. — Ces crosses sont les plus répandues, du moins sur le continent européen à l'exception de la Belgique (fig. 490-493). Elles sont aussi très usitées aux États-Unis, particulièrement par le *Pensylvania RR* (fig. 494 à 497).

La crosse se compose d'un corps formé par une sorte de fourche sur laquelle la tige du piston vient se fixer à l'aide d'une clavette établissant un serrage sur cône. Au corps sont fixés deux patins, généralement rapportés en entier, parfois faisant corps avec lui, mais comportant des semelles de frottement rapportées.

Le plus souvent, chacun des patins est muni d'un graisseur situé vers le dehors et servant à la lubrification de leurs surfaces ; celui du patin supérieur sert aussi au graissage de la petite tête de bielle.

Crosses pour glissières simples. — Ce système de crosse (fig. 498 à 501) se répand depuis quelques années ; il est simple, mais est plus lourd en général que le précédent.

Le corps de la crosse se compose essentiellement d'une pièce sur laquelle s'articule la bielle, à fourche ou à tête unique, et qui est reliée à une semelle en deux parties réunies au moyen de boulons, laquelle embrasse la barre formant glissière.

Dans la disposition américaine (fig. 502), c'est le patin solidaire de la crosse qui est embrassé par la glissière, ce qui permet de donner plus de légèreté à la tête de tige de piston.

248. Examen de quelques types de crosses de tiges de pistons. — Nous avons réuni les dessins d'un certain nombre de crosses qui pourront donner une idée des types les plus répandus.

Crosse américaine pour glissières à quatre barres (fig. 488). — Cette crosse en acier moulé, appartenant à une locomotive construite par les *Schenectady locomotives Works*, est d'un type très répandu aux États-Unis. Les deux cou-

Digitized by Google

lisseaux sont venus de forge ou de fonte avec le corps même de la tête de piston et portent des semelles en bronze rapportées et tenues par des rivets

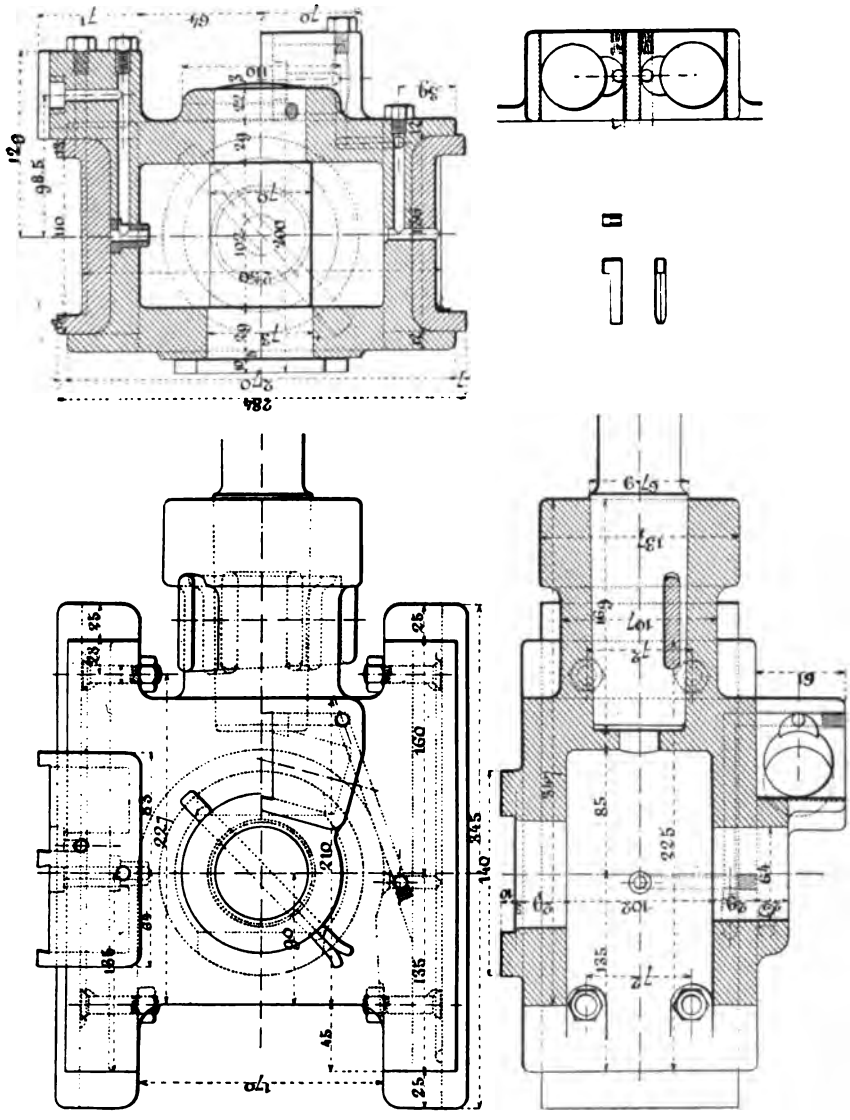


Fig. 490. — Crosse de tige de piston (cylindres à B. P.) des locomotives compound à grande vitesse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

à têtes fraisées. Le tourillon de la petite tête de bielle est venu de fonte dans la crosse.

Crosse des locomotives du North London Railway (fig. 489). Appartient au type à quatre glissières dans lequel les coulisseaux sont venus de fonte avec la tête de la tige du piston. Cette crosse est en fonte et présente un guidage parfait, aussi bien dans le sens transversal que dans le sens vertical. Il n'y a pas de patins rapportés. L'axe d'articulation est maintenu en place, d'un

Digitized by Google

côté par un léger cône, et de l'autre par une plaque fixée à la crosse par deux

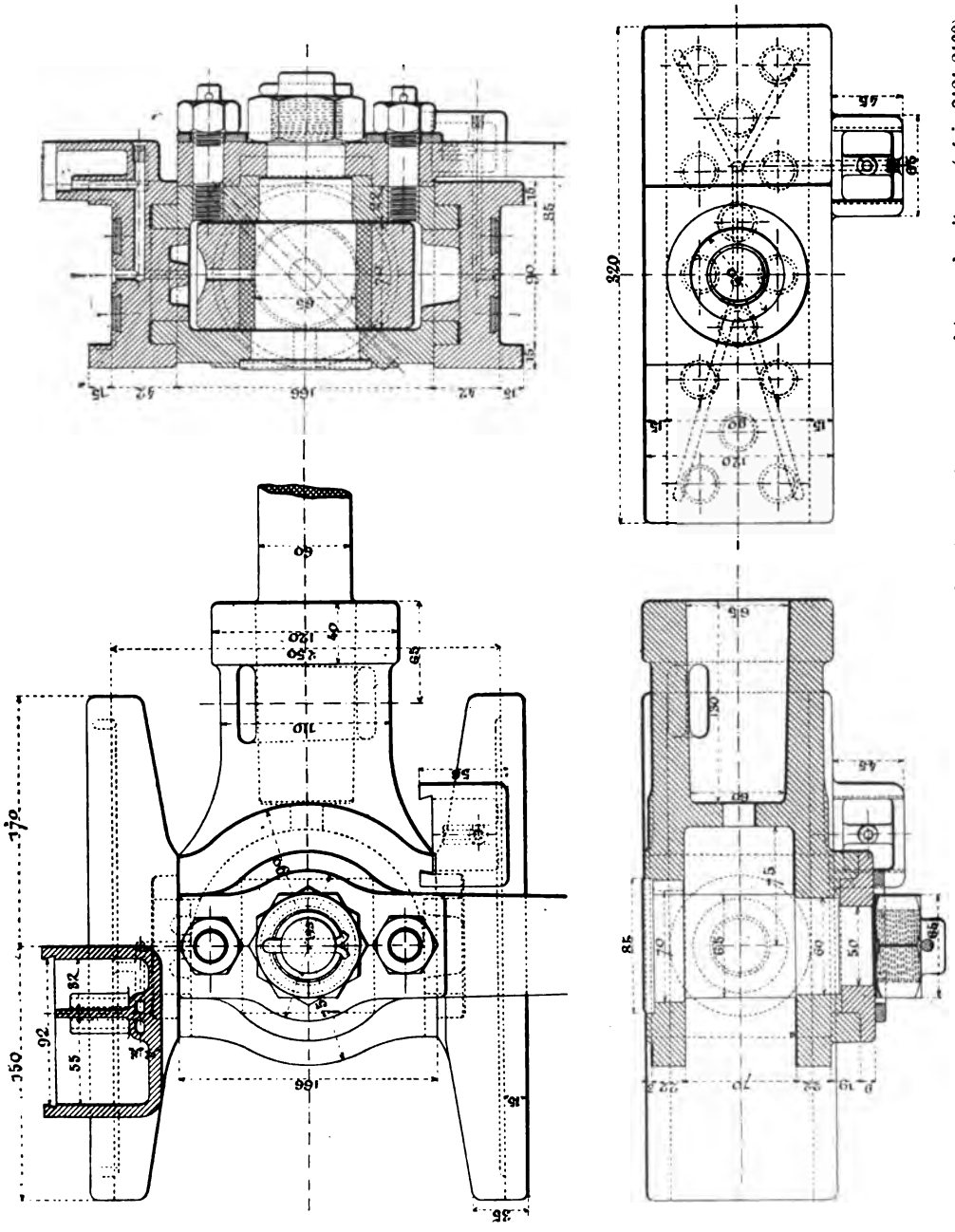


Fig. 491. — Crosse de tige de piston (cylindres extérieurs, H. P.) des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2160) du *Chemin de fer du Nord*.

petites vis. La partie supérieure comporte un graisseur à collet pouvant alimenter le pied de bielle.

Crosse des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie P.-L.-M., (fig. 490). Cette crosse, destinée aux cylindres de détente, intérieurs, est du

Digitized by Google

type classique pour glissières à deux barres placées dans le même plan vertical. Le corps de la crosse, qui forme la fourche entre les branches de laquelle pénètre la petite tête de bielle, est en acier et comporte des semelles

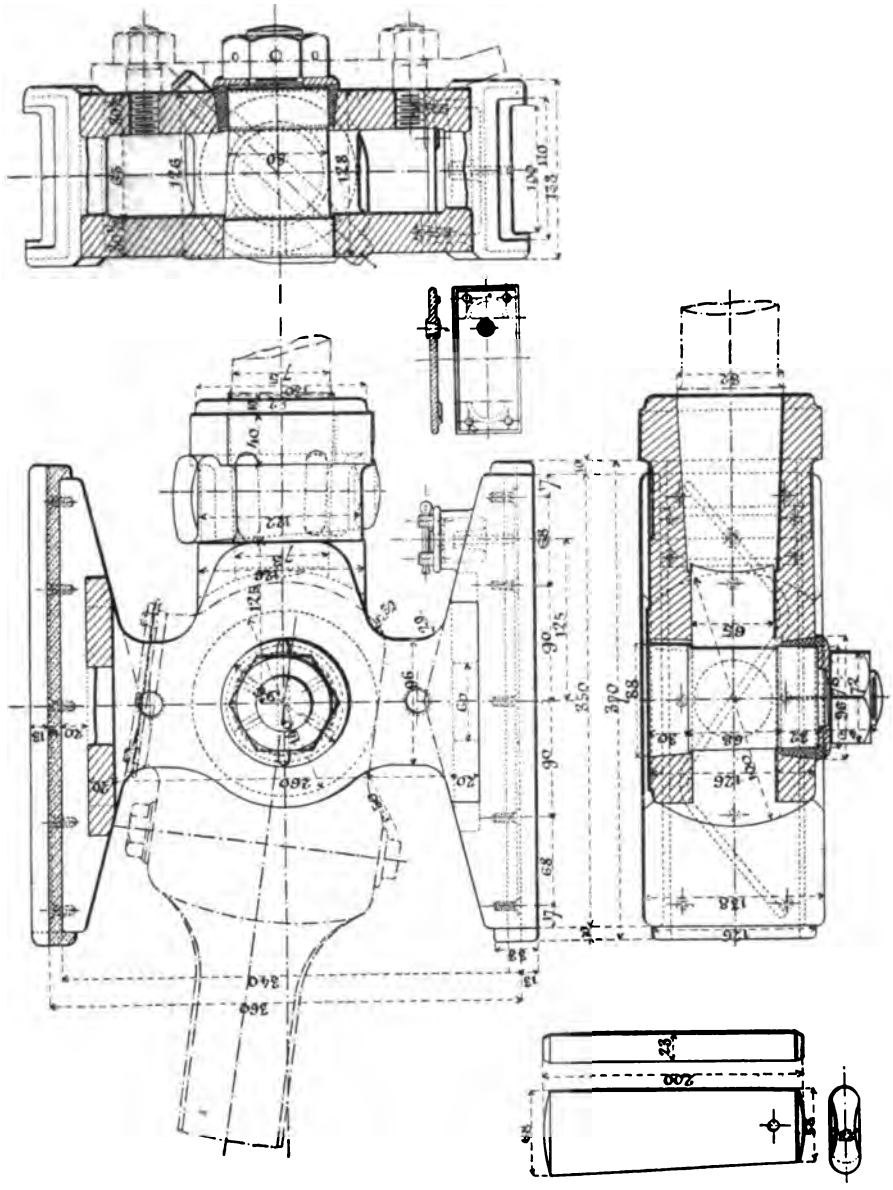


Fig. 492. — Crosse de tige de piston des locomotives compound à grande vitesse de l'*Etat prussien* (Cologne).

en fonte rapportées, épaulées et encastrées de manière qu'elles soient entraînées par la tête de piston et lui servent en même temps de guides dans le sens transversal, ces semelles comportant elles-mêmes des rebords longitudinaux entre lesquels pénètrent les glissières, avec un jeu de quelques dixièmes de millimètre.

Digitized by Google

La tige de piston est montée sur cône et fixée par une clavette inclinée à 42° de l'horizontale. L'axe d'articulation est simplement maintenu par une goupille.

Un graisseur, placé vers le haut du corps de la crosse sur le côté extérieur, sert au graissage de la petite tête de bielle et du patin supérieur. Le patin inférieur est lubrifié par l'huile qui s'écoule de la petite tête de bielle et au moyen d'un second graisseur placé vers l'avant, à la hauteur de l'axe.

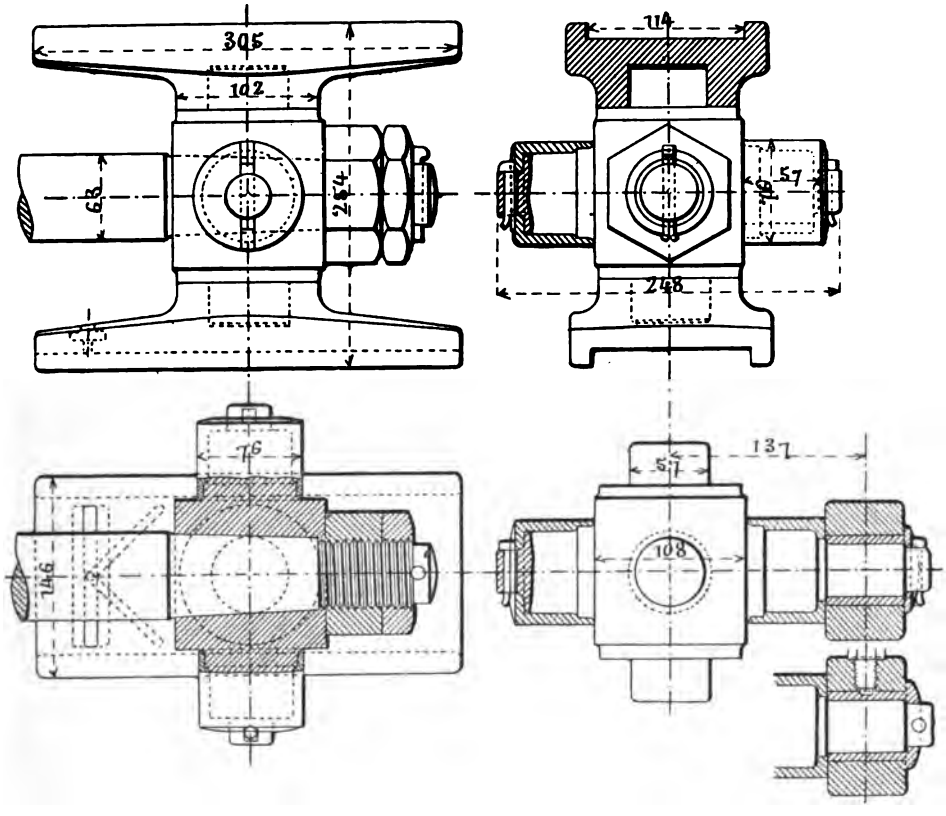


Fig. 493. — Crosse-type (*Standard*) du *London and North Western Railway*.

Crosse des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie du Nord (fig. 491). — Cette crosse appartient à un type un peu différent dans lequel les semelles de frottement constituent à elles seules les patins.

Le corps de la crosse se réduit ainsi à une simple fourche à l'intérieur de laquelle pénètre la petite tête de la bielle, et qui se termine, sur l'avant, par un bossage en saillie destiné à recevoir le cône de la tige du piston.

L'axe d'articulation est maintenu par un écrou qui sert aussi à l'attache du bras commandant le levier de la distribution Walschaërt que deux goujons plus petits empêchent de tourner.

Chacun des patins porte, sur sa face extérieure, un graisseur destiné à sa

Digitized by Google

lubrification; celui du patin supérieur sert aussi à graisser la petite tête de bielle.

Crosse des locomotives compound à grande vitesse des chemins de fer de l'État prussien; Direction de Cologne. — Cette crosse (fig. 492), construite

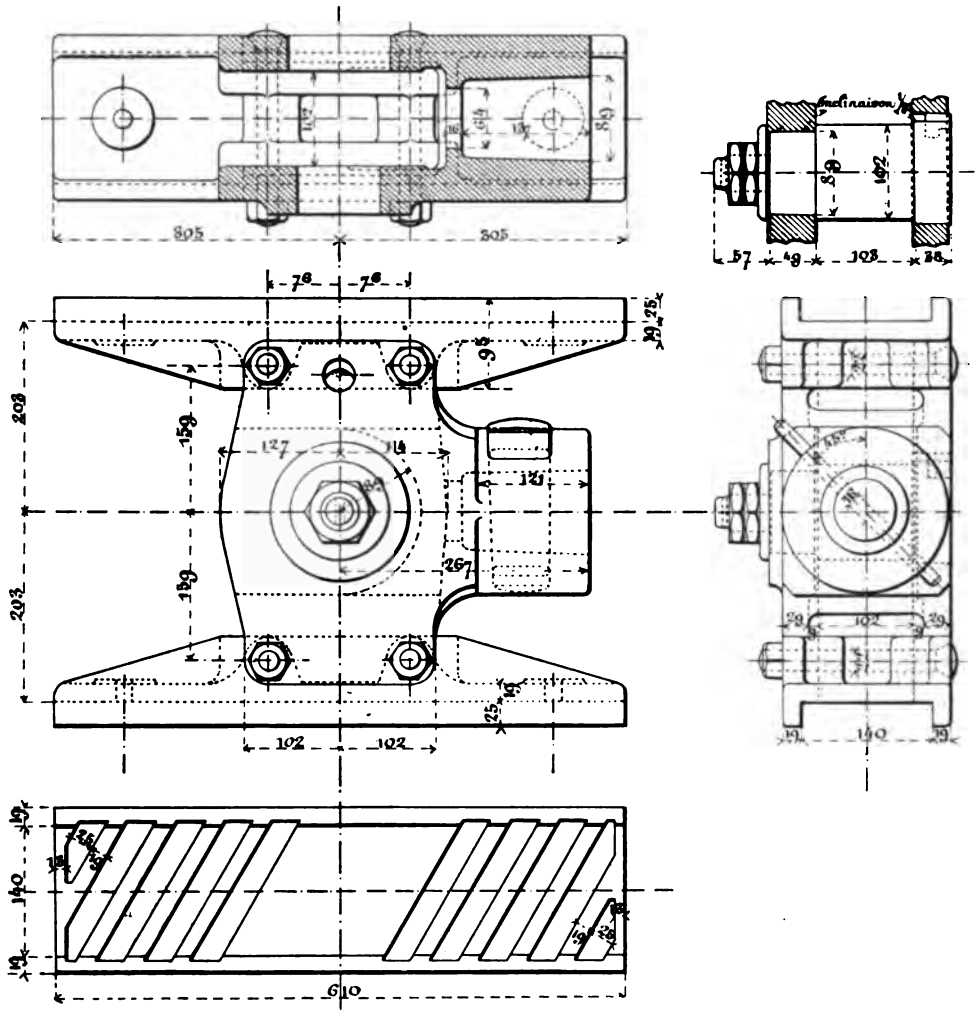


Fig. 494. — Crosse des locomotives à grande vitesse et à marchandises du *N.-Y. N.-H. and H. R.* (Schenectady Locomotive Works).

comme la précédente par la *Société alsacienne*, appartient au même type. Elle est encore plus légère.

Les patins comportent des semelles rapportées en bronze épaulées et tenues par des vis à têtes fraisées; le patin supérieur ne comporte pas de graisseur.

L'axe d'articulation est à rattrapage du jeu par cônes

Digitized by Google

Crosse des locomotives du New-York, New-Haven and Hartford Railroad. — Cette crosse (fig. 494) appartient aux nouvelles locomotives construites en 1895 et 1896 pour la Compagnie précitée par les ateliers de Schenectady. La tige de piston est montée sur un cône très court venu de fonte à l'avant d'une fourche à faces planes, en acier moulé, embrassant la petite tête de bielle et s'appuyant en haut et en bas sur un patin en bronze maintenu par deux petits boulons transversaux, et garni de stries en métal blanc.

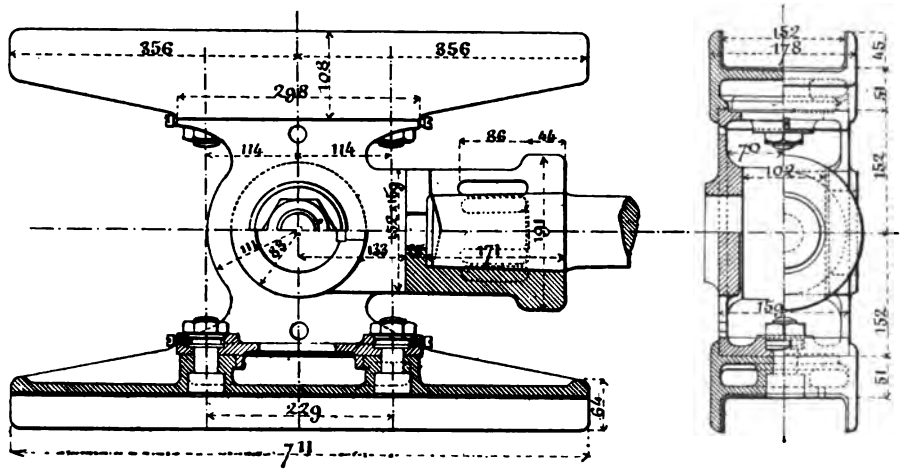


Fig. 495. — Crosse de tige de piston des locomotives à grande vitesse (classe P) du *Pensylvania Railroad*. Modèle très léger.

L'axe d'articulation est maintenu par un écrou de très petit diamètre au moyen d'une rondelle s'appuyant sur le bossage central de la crosse.

Cette crosse a été étudiée spécialement en vue d'une grande légèreté.

On trouvera figure 495 un type analogue, plus léger encore, étudié par le *Pensylvania Railroad* pour ses nouvelles locomotives express de la classe P.

Crosse des locomotives-tenders de banlieue (série 2168-2200) de la Compagnie d'Orléans (fig. 501). — Cette crosse est destinée à s'ajuster sur des glissières doubles placées dans le même plan horizontal, au-dessus de la tige, de part et d'autre de son plan vertical médian. Le corps de cette crosse est en acier moulé avec patins et chapeau en bronze rapportés formant les parties frottantes. Les glissières, représentées en coupe, sont en section à U renversé. Le chapeau de la crosse porte, à sa partie supérieure, un godet de vastes dimensions servant au graissage des deux glissières et de la petite tête de bielle.

Ce type de crosse est peu encombrant et léger; le graissage est très bien disposé.

Crosse des locomotives de banlieue de la Compagnie de l'Est (Mach. 729

Digitized by Google

742), (fig. 498). — Cette crosse, destinée à des glissières à barre unique, se

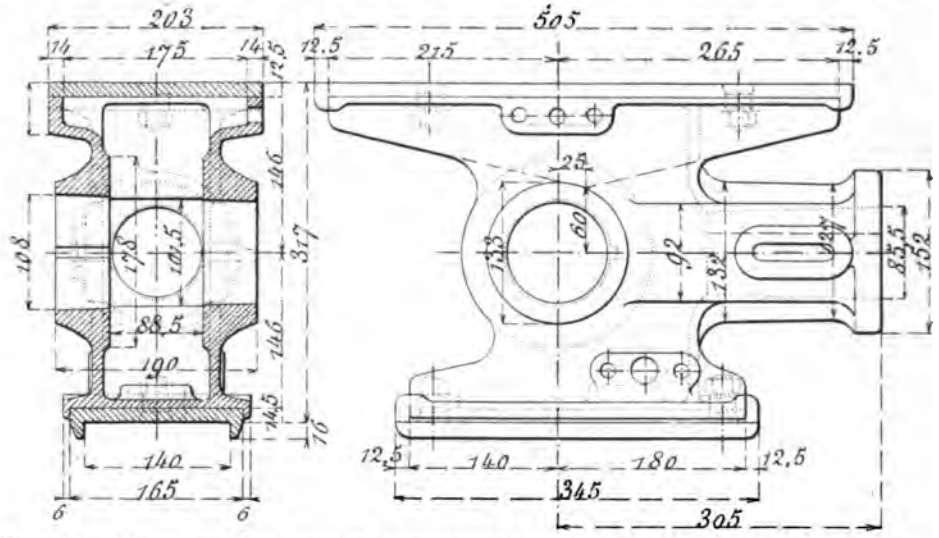


Fig. 496. — Crosse en acier moulé des locomotives à grande vitesse de l'*Illinois Central Railroad* (type de 1896). Modèle très léger.

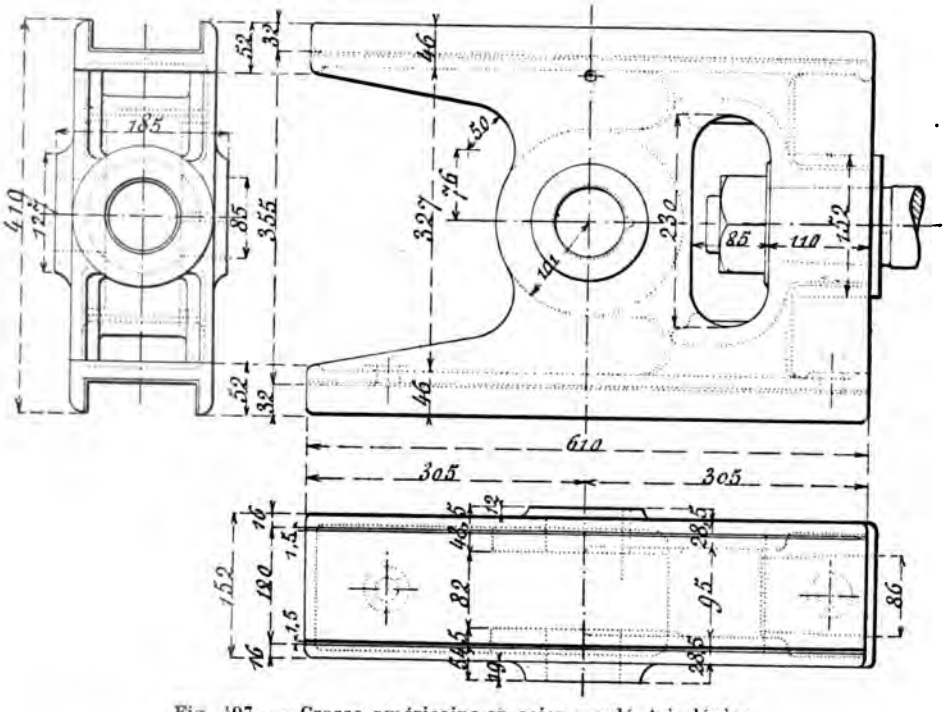


Fig. 497. — Crosse américaine en acier moulé, très légère.

compose d'un corps en acier moulé sur lequel la tige du piston se monte sur cône par le moyen d'une clavette, et rattaché, à sa partie supérieure, à deux

Digitized by Google

platines de frottement, en fonte, embrassant la glissière et réunies entre elles et au corps par cinq boulons de chaque côté avec interposition d'une cale

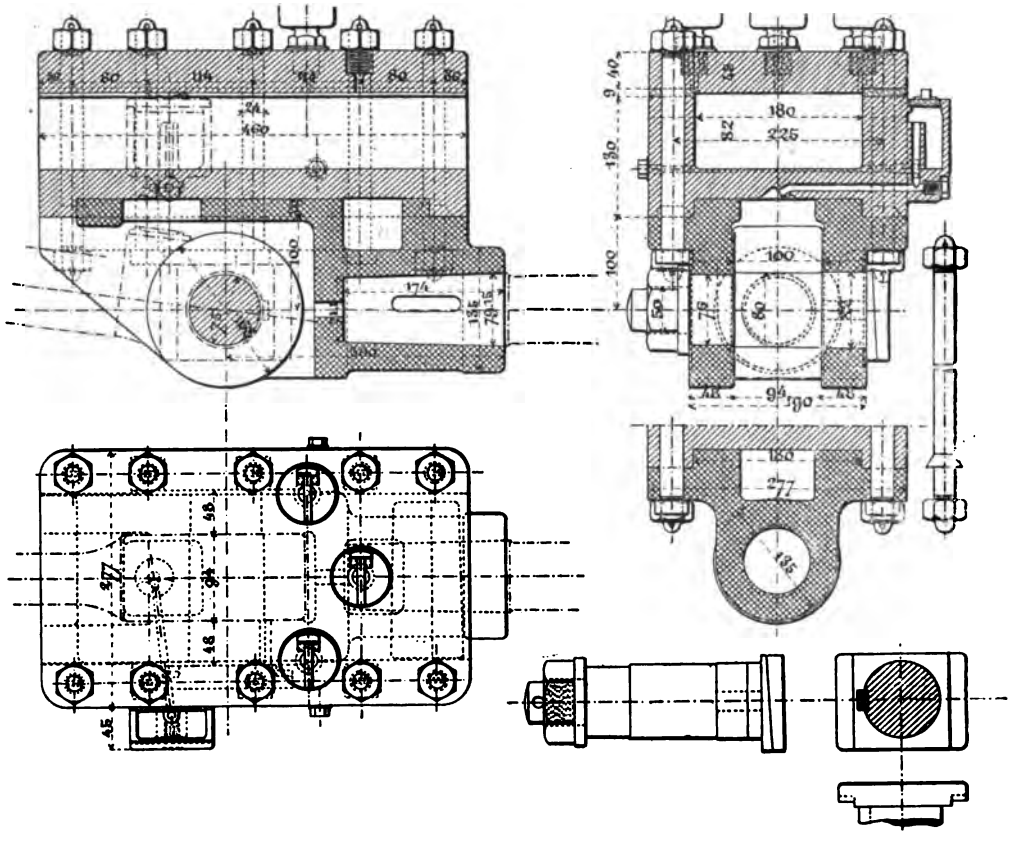


Fig. 498. — Crosse pour glissière simple placée au-dessus de la tige. Locomotives de banlieue (série 729 à 742) des *Chemins de fer de l'Est*.

en laiton servant au réglage et au rattrapage de jeu. La platine inférieure est épaulée sur le corps de la crosse.

L'axe d'articulation, en fer cémenté et trempé, est retenu par un écrou, et une petite clavette l'empêche de tourner.

Crosse des locomotives (type 25) des chemins de fer de l'État belge (fig. 500). — Cette crosse, qui appartient aussi au type à glissière unique, offre cette particularité que c'est la bielle qui porte la fourche; les coussinets étant logés dans une cage formée par le corps de la tête de tige de piston, leur rattrapage de jeu s'effectue à l'aide d'un coin à vis placé sur l'arrière. L'axe d'articulation est solidaire de la bielle; il est monté sur cône, serré par un double écrou et maintenu en outre par une petite clavette qui l'empêche de tourner. La partie renflée dans laquelle vient se fixer la tige de piston porte

Digitized by Google

sur le devant une embase plane sur laquelle vient se fixer le bras qui commande le balancier de la distribution Walschaërt.

La crosse porte sur le dessous de la glissière par un patin en bronze phosphoreux maintenu par un talon et se trouve complétée, pour la marche arrière, par une pièce également en bronze, qui embrasse la glissière et se

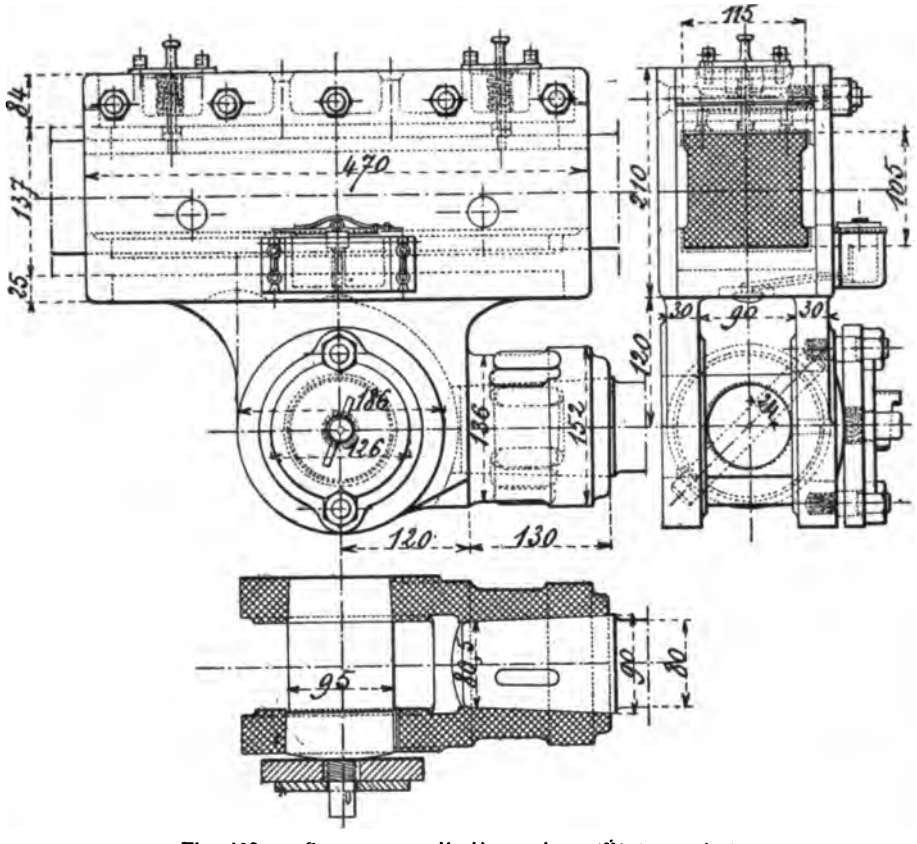


Fig. 499. — Crosse pour glissière unique (*État prussien*).

fixe au corps à sa partie inférieure à l'aide de quatre boulons de chaque côté. Des cales en laiton pour le réglage sont interposées entre les surfaces de portage des deux patins.

Cette crosse comporte un graisseur, placé sous le patin inférieur, et qui sert au graissage des coussinets de l'articulation de la petite tête et deux godets à la partie supérieure, qui servent au graissage des deux patins ; l'huile arrive sur le patin inférieur au moyen de petits conduits contournant la barre glissière.

Crosses américaines. — La figure 500 représente un type de crosse très répandu en Amérique ; celle que nous avons prise pour exemple appartient à

Digitized by Google

une locomotive construite par les *Schenectady locomotive Works*. Elle com-

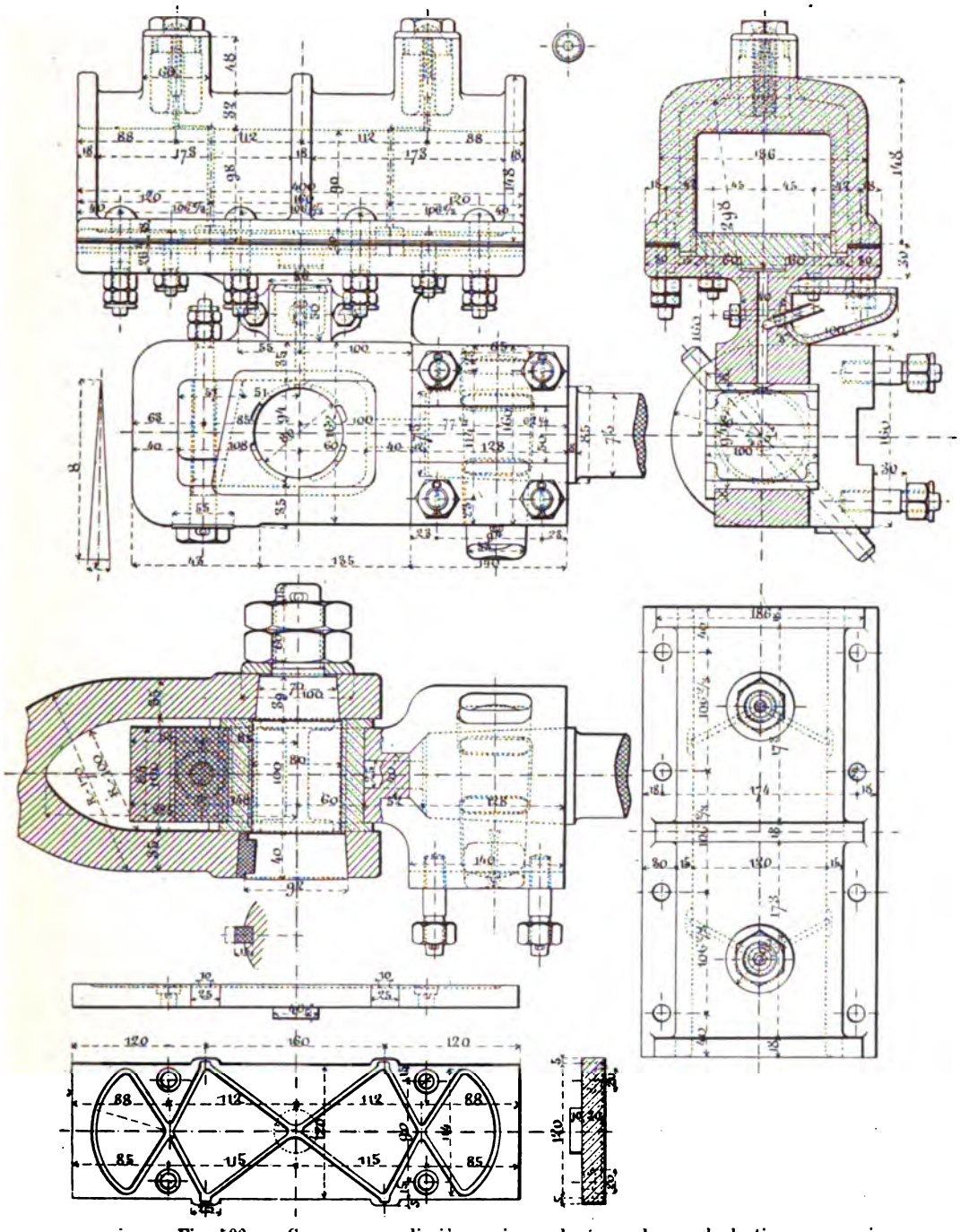


Fig. 500. — Crosse pour glissière unique placée au-dessus de la tige. Locomotives du type 25 de l'*État belge*.

porte deux joues parallèles venues de forge ou de fonte, à leur partie infé-

Digitized by Google

rieure, avec le bossage recevant l'extrémité arrière de la tige du piston et la fourche à l'intérieur de laquelle pénètre la petite tête de bielle. A leur partie supérieure, ces deux joues sont réunies par une pièce transversale formant semelle de frottement et qui est pincée entre deux glissières parallèles, au moyen de quatre boulons transversaux. Les surfaces frottantes sont garnies de macarons en métal Babbitt. Les parties intérieures des joues qui viennent frotter sur la glissière inférieure sont recouvertes d'une platine en bronze tenue par de petits rivets à têtes fraisées.

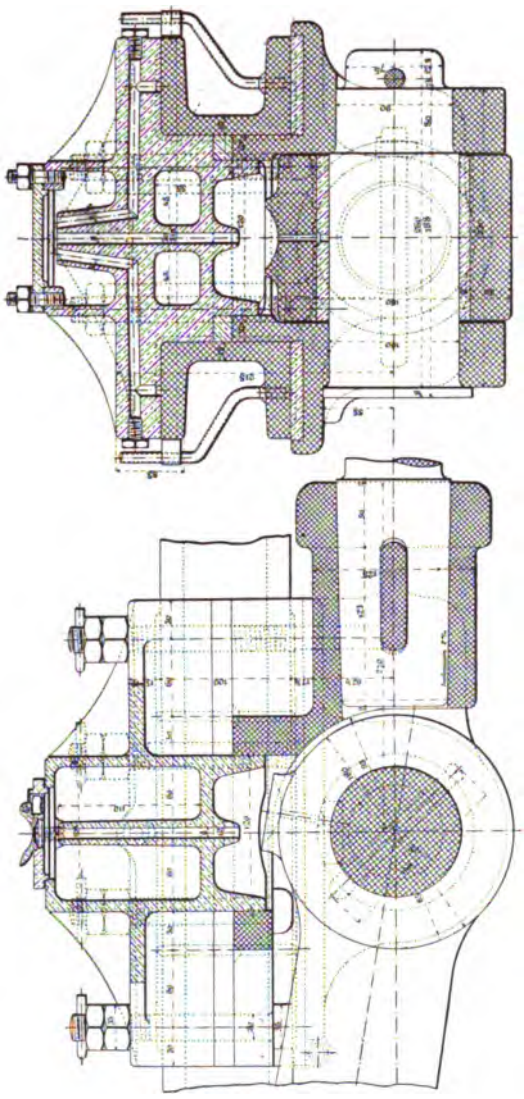


Fig. 501. — Crosse des locomotives (série 2168-2200 et 103) du *Chemin de fer d'Orléans*.

Les crosses de ce type sont très légères si on donne aux joues une faible épaisseur, ce que permet leur grande longueur.

Dans tous les types de crosse examinés jusqu'ici, la tige de piston était montée sur cône et assemblée à la crosse par une clavette. On trouvera, fig. 497, un nouveau type de tête de tige de piston construit récemment aux États-Unis et dans lequel on s'est attaché à réduire le poids au strict minimum. La tige de piston est fixée à la crosse par un écrou monté sur son extrémité arrière, filetée.

La figure 496 représente un type de crosse entièrement en acier moulé et très légère récemment appliqué à des locomotives américaines. Pour réduire le poids au strict minimum, on a même diminué la longueur du patin correspondant à la marche arrière. Cette crosse, appartenant à une très puissante locomotive à grande vitesse, ne pèse que 90 kg., brute de fonte.

249. Bielles motrices. — La bielle motrice est l'organe de transmission

Digitized by Google

reliant la tige du piston à la manivelle et servant à transformer en mouvement continu de rotation le mouvement retiligne alternatif du piston. Elle est articulée, par une de ses extrémités, à la crosse de tige du piston, et, à l'autre, au bouton de la manivelle. A cet effet, elle se termine à chaque bout par une tête dans laquelle sont maintenus les coussinets remplissant l'office de surface frottante pour les tourillons et servant au rattrapage de jeu.

La bielle se compose donc d'un *corps* et de deux *têtes;* celle qui est située du côté de la manivelle s'appelle la *grosse tête*, l'autre est dite *petite tête*.

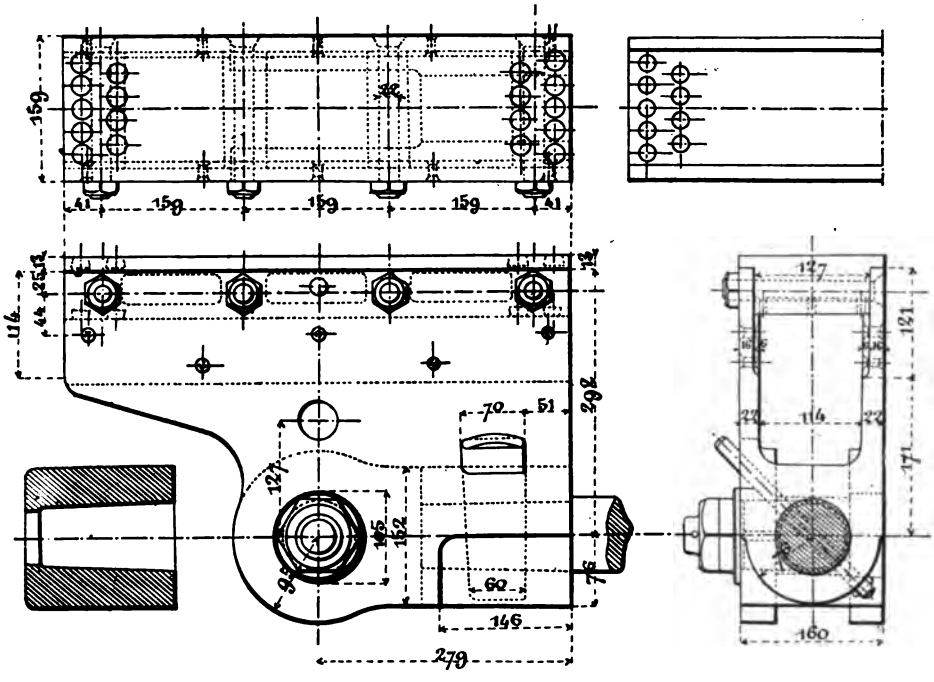


Fig. 502. — Crosse du type américain pour glissière double placée au-dessus de la tige.

Dans les locomotives, les corps de bielle présentent ordinairement une section rectangulaire pleine ou évidée ; elles ont généralement la forme d'une pyramide tronquée, leur hauteur étant plus grande près de la grosse tête que près de la petite.

250. Corps des bielles motrices. — Les corps de bielles peuvent présenter une section circulaire ou rectangulaire pleine ou évidée en I. Dans le premier cas, elles sont de forme tronconique; dans le second cas, elles ont toujours la forme d'une pyramide tronquée (fig. 502 et suiv.).

A ne considérer que l'état statique, la bielle étant calculée pour résister à un effort de compression comme une colonne non encastrée, il paraît plus rationnel de lui donner une section circulaire et de la renfler en son milieu,

Digitized by Google

cette forme étant mieux appropriée aux efforts à supporter. Toutefois, lorsque la machine se meut à une vitesse élevée, on ne peut négliger les effets d'inertie, la force centrifuge tendant à entraîner une flexion de la bielle dans

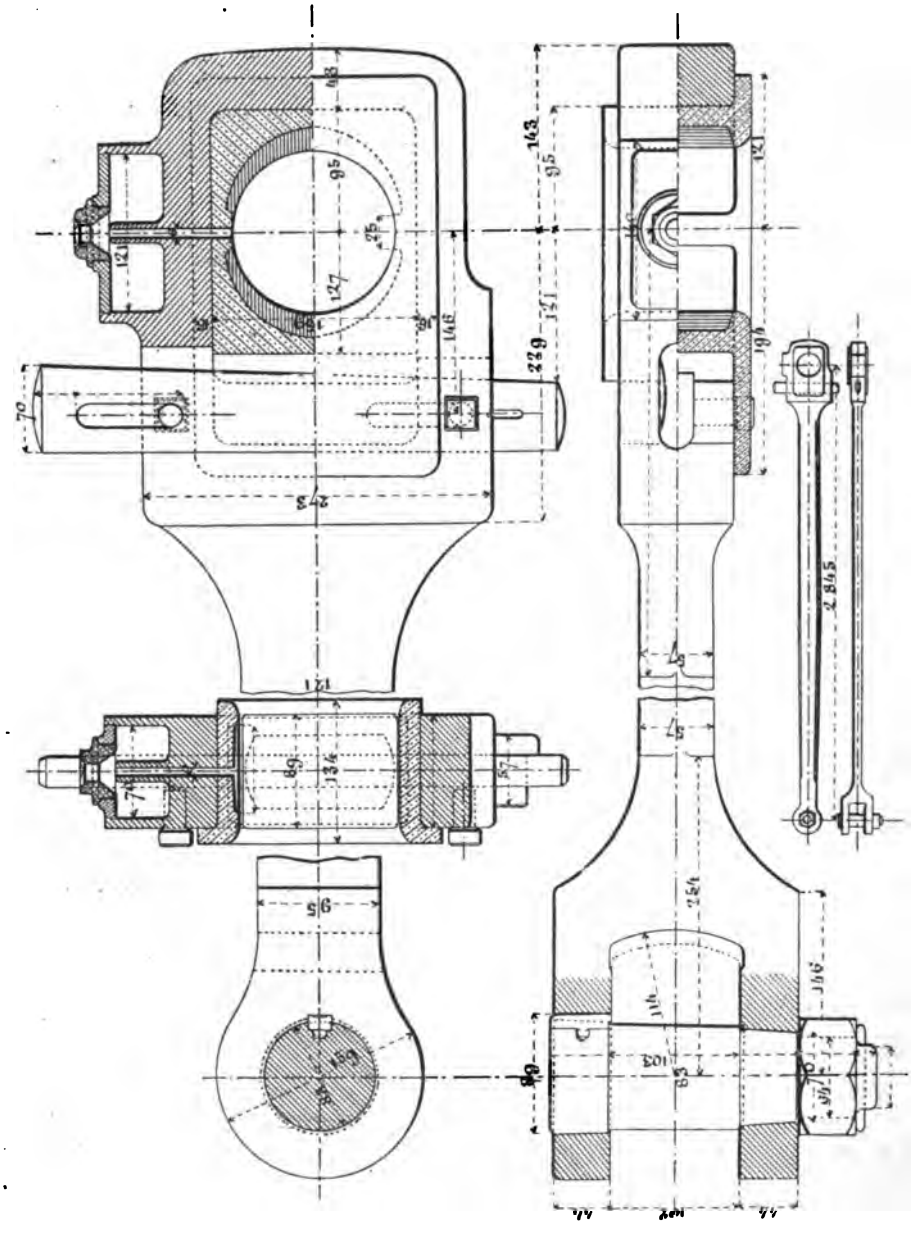


Fig. 303. — Bielle motrice (cylindres extérieurs) des locomotives à six roues accouplées et à bogie du *Highland Railway*.

son plan d'oscillation. Il est donc plus logique, dans les machines à grande vitesse et les locomotives, de donner aux bielles motrices une section rectangulaire dont le plus grand côté sera situé dans le plan d'oscillation, perpendiculairement à l'axe du tourillon. La bielle sera ainsi établie autant en vue

Digitized by Google

de résister aux efforts d'inertie qu'à l'action exercée par la poussée du piston.

Les bielles de section circulaire sont d'une exécution moins coûteuse que les autres, leur corps pouvant être entièrement terminé sur le tour, l'outil le plus avantageux au point de vue économique. Les bielles plates se finissent au tour, à la raboteuse, à la machine à fraiser; on tourne les petits côtés en mettant les deux têtes de bielle sur pointe et on rabote les faces latérales correspondantes aux grands côtés.

Les seules locomotives modernes possédant des bielles motrices de section circulaire sont les machines du *Brighton Ry* construites par M. Stroudley.

Actuellement, on n'emploie que les bielles de section rectangulaire ou à I, ces dernières, plus légères, se répandant rapidement (fig. 510). On a surtout tendance à évider les bielles qui, par la force des choses, sont nécessairement très longues et par conséquent fort lourdes. Ainsi, dans les machines compound du Nord les bielles intérieures qui ont 2,55 m. de longueur d'axe en axe sont à corps plein (fig. 514), tandis que les bielles extérieures qui ont 3,00 m. de longueur sont évidées (fig. 510).

L'évidement de ces bielles est pratiqué à l'outil après forgeage, généralement à la machine à fraiser, parfois simplement à la meule. Dans la plupart des bielles appartenant à des machines construites en France, les évidements se terminent, du côté des têtes, par des portions de sphères, en creux, assez difficiles à exécuter (fig. 520, 524, 525). A l'étranger, particulièrement en Angleterre et aux États-Unis (fig. 533 à 536), l'évidement se termine peu à peu par simple affleurage. restant partout de la même hauteur, l'aspect n'est pas beaucoup moins satisfaisant et la main-d'œuvre est notablement réduite. Ce système a été adopté par la *Société alsacienne* pour les locomotives compound à quatre cylindres (*Nord*, *Midi*) et par la *Compagnie de l'Ouest* pour ses dernières constructions.

L'allégement des bielles par évidement s'est d'abord pratiqué assez timidement; on a commencé par évider des bielles présentant la forme et sensiblement les dimensions extérieures usitées jusqu'alors, la portion enlevée ne constituant qu'une faible portion du poids total de la matière (fig. 531). Actuellement, on étudie spécialement les bielles en vue de cet évidement, on augmente parfois leur hauteur et la largeur des ailes horizontales, mais on amincit le corps; c'est le procédé qui peut donner le maximum de légèreté (fig. 534 à 536).

Afin de simplifier le travail de l'outil, les deux faces horizontales de la bielle sont rectilignes, dans le sens de la longueur (la section transversale est un rectangle parfait) (fig. 510, 514 et 515). Le plus souvent, tranversalement, elles affectent la forme d'un arc de cercle ayant pour rayon la demi-hauteur de la bielle de telle sorte qu'on les termine au tour (fig. 517, 519, 520). C'est là toutefois une pratique qui tend à disparaître, du moins pour les

Digitized by Google

bielles évidées; les deux faces supérieure et inférieure sont alors rabotées ou terminées à la fraise et sont plates; on peut ainsi gagner du poids.

Nous donnerons quelques exemples numériques propres à fixer les idées sur les dimensions des corps de bielles dans les locomotives.

DIMENSIONS DES CORPS DE BIELLES

I. *Bielles à corps rectangulaire.*

DÉSIGNATION DES MACHINES	LONGUEUR de la bielle d'axe en axe.	HAUTEUR du corps de la bielle.		ÉPAISSEUR du corps.
		A l'arrière.	A l'avant.	
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Compagnie de l'Ouest. Machines à marchandises, type 2 000.	2,000	0,110	0,080	0,044
— Machines de banlieue, type 3500.	1,750	0,110	0,085	0,046
Compagnie du Nord. Machines compound à 4 cylindres, 2 121-2 157; bielles intérieures.	2,435	0,100	0,075	0,045
Compagnie de l'Est. Machines express, type 800.	2,830	0,100	0,150	»
Machines de banlieue, 729-742.	1,740	0,106	0,080	0,055
Machines mixtes, 441-465. . . .	2,020	0,100	0,070	0,055 0,035 (aux fourches).
Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée. Machines express compound à 4 cylindres, C. 21-60. . . Bielles intérieures	1,840	0,100	0,083	0,044
Bielles extérieures	2,350	0,100	0,080	0,050
Etat Belge. Machines à 6 roues accouplées, type 25	2,140	0,100	0,083	0,050
Highland. Machines à 6 roues accouplées et à bogie	2,845	0,121	0,095	0,057
London and South Western. Machines express à 4 roues accouplées.	2,032	0,127	0,089	0,051
North Eastern. Machines express à 4 roues accouplées, Q et Q_1	2,032	0,127	0,102	0,051
Etat prussien. Machines express à 4 roues accouplées.	2,550	0,095	0,080	0,045
Etat danois. Machines express à 4 roues accouplées.	2,040	0,084	0,070	0,042

II. *Bielles évidées.*

DÉSIGNATION DES MACHINES	LONGUEUR de la bielle d'axe en axe.	HAUTEUR du corps de la bielle.		LARGEUR des ailes.	ÉPAISSEUR du corps.
		A l'arrière.	A l'avant.		
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Compagnie de l'Ouest. Machines express à bogie, 963-990.	2,200	0,130	0,100	0,070	0,028
— Machines à 6 roues accouplées et à bogie, 2301-2 304.	3,200	0,170	0,130	0,090	0,018
— Machines à 6 roues accouplées et à bogie, 3 701. . .	3,020	0,146	0,110	0,076	0,018
Compagnie du Nord. Machines compound à 4 cylindres, 2 121-2 157; bielles extérieures.	3,000	0,110	0,085	0,060	0,015
Great Northern (Etats-Unis). Machines à 8 roues accouplées et à bogie	2,515	0,133	0,082	0,076	0,016
New-York, New-Haven and Hartford. Machines à 6 roues accouplées (Mogul).	2,362	0,133	0,102	0,076	0,016

Digitized by Google

251. Têtes de bielles. — Les bielles se terminent, à leurs deux extrémités,

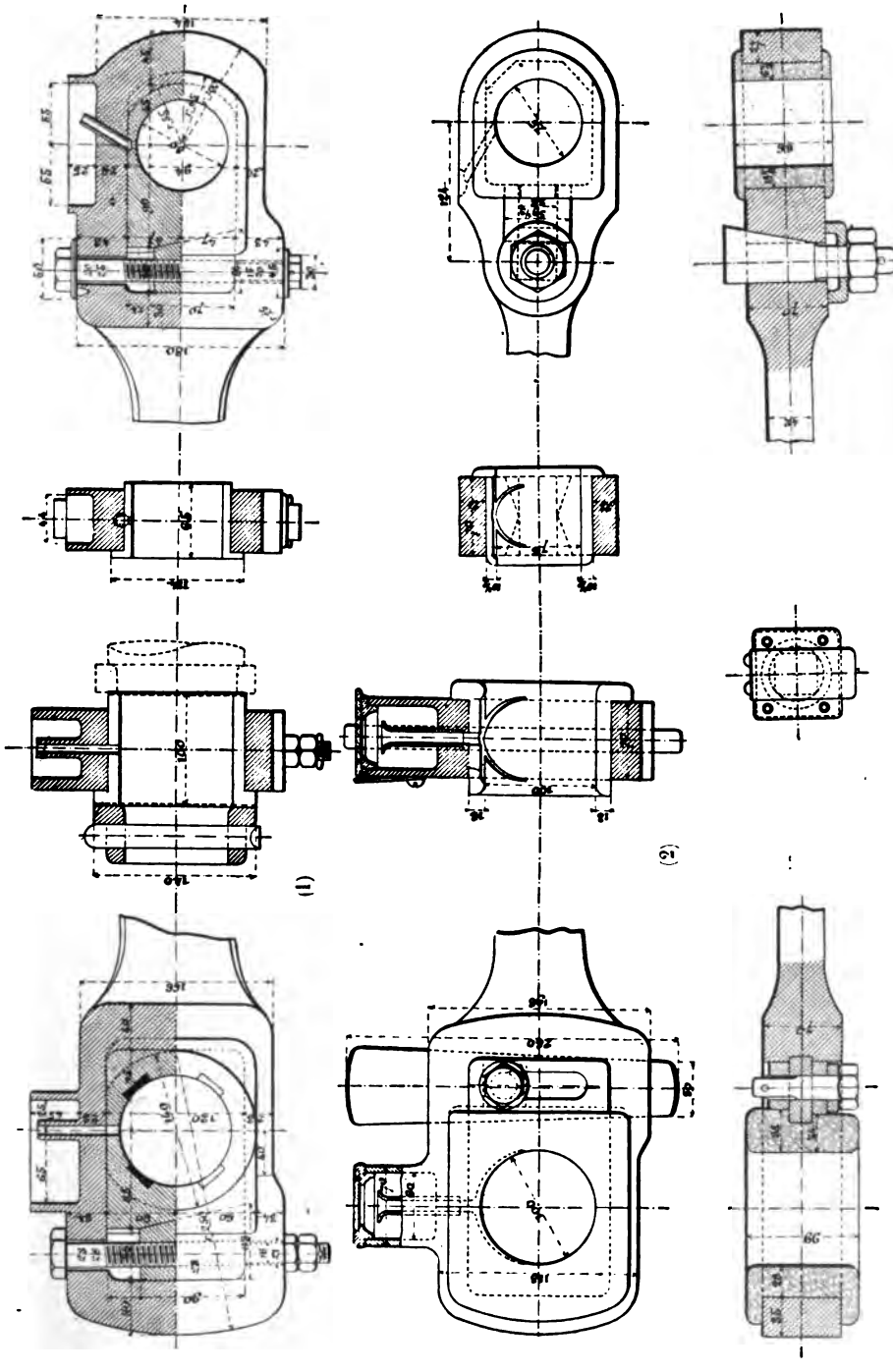


Fig. 501. — Bielles motrices pour cylindres extérieurs. Types allemands.

par des cages appelées têtes, destinées à recevoir les coussinets dans lesquels s'ajustent d'un côté le tourillon de la manivelle, et de l'autre celui de la

Digitized by Google

crosse. La première a reçu le nom de *grosse tête de la bielle*, la seconde celui de *petite tête*.

La forme de tête la plus simple consisterait simplement en un œil circulaire percé d'un trou et garni intérieurement d'une bague en bronze ou en métal blanc. C'est le type le plus employé actuellement pour les bielles d'accouplement; il est peu dispendieux d'exécution, mais ne permet aucun rattrapage de jeu. Le seul moyen dont on dispose consiste à remplacer la bague à l'atelier quand l'usure est trop considérable. On l'emploie surtout quand il n'est pas besoin d'une grande précision et parce qu'avec ce système le mécanicien ne peut faire de serrage intempestif. Quand au contraire la précision de l'ajustage est d'importance capitale comme pour les bielles motrices, on ne saurait avoir recours à ce système et on donne aux têtes une forme à peu près rectangulaire permettant de loger deux coussinets dont on peut à volonté, sans démontage préalable, régler le serrage.

Les têtes de bielles des locomotives doivent être montées à l'atelier avec un jeu qui ne doit pas dépasser 0,1 mm. sur l'axe de la traverse du piston, mais peut s'élever jusqu'à 0,4 mm. sur le tourillon moteur, du moins quand il appartient à un essieu coudé et présente un fort diamètre. Le jeu transversal doit être un peu plus grand (de 1 à 2 mm.) afin de parer à un léger déplacement transversal de l'essieu et d'autant plus que ce jeu transversal ne donne lieu à aucun choc.

252. Grosses têtes de bielles. — On doit distinguer deux espèces de têtes de bielles : les *têtes fermées* et les *têtes ouvertes*. Les premières ne peuvent s'appliquer qu'aux manetons des manivelles en porte à faux comportant seulement du côté extérieur un collet, de diamètre peu supérieur à celui du tourillon, de sorte qu'il suffit d'écarter les coussinets en desserrant les clavettes qui les retiennent pour sortir la tête et démonter la bielle.

Les secondes s'emploient avec les essieux coudés ou les contre-manivelles dans lesquels les bras de la manivelle empêcheraient de les sortir si on ne démontait pas entièrement un côté de sa tête. Cette classe se divise elle-même en deux catégories suivant que les organes destinés à former la partie démontable servent aussi à régler le jeu et à rattraper l'usure, ou ne sont disposés que pour maintenir les coussinets et constituer simplement autour d'eux un cadre rigide, le rattrapage de jeu étant opéré au moyen de coins ou de clavettes spéciales.

Les têtes fermées, étant plus rigides et plus simples, on doit les préférer quand le maneton de la bielle est en porte à faux.

Têtes de bielles fermées. — Il n'y a pour ainsi dire qu'un type représenté figures 503 et 504. La bielle se termine par une cage formée d'un cadre venu

Digitized by Google

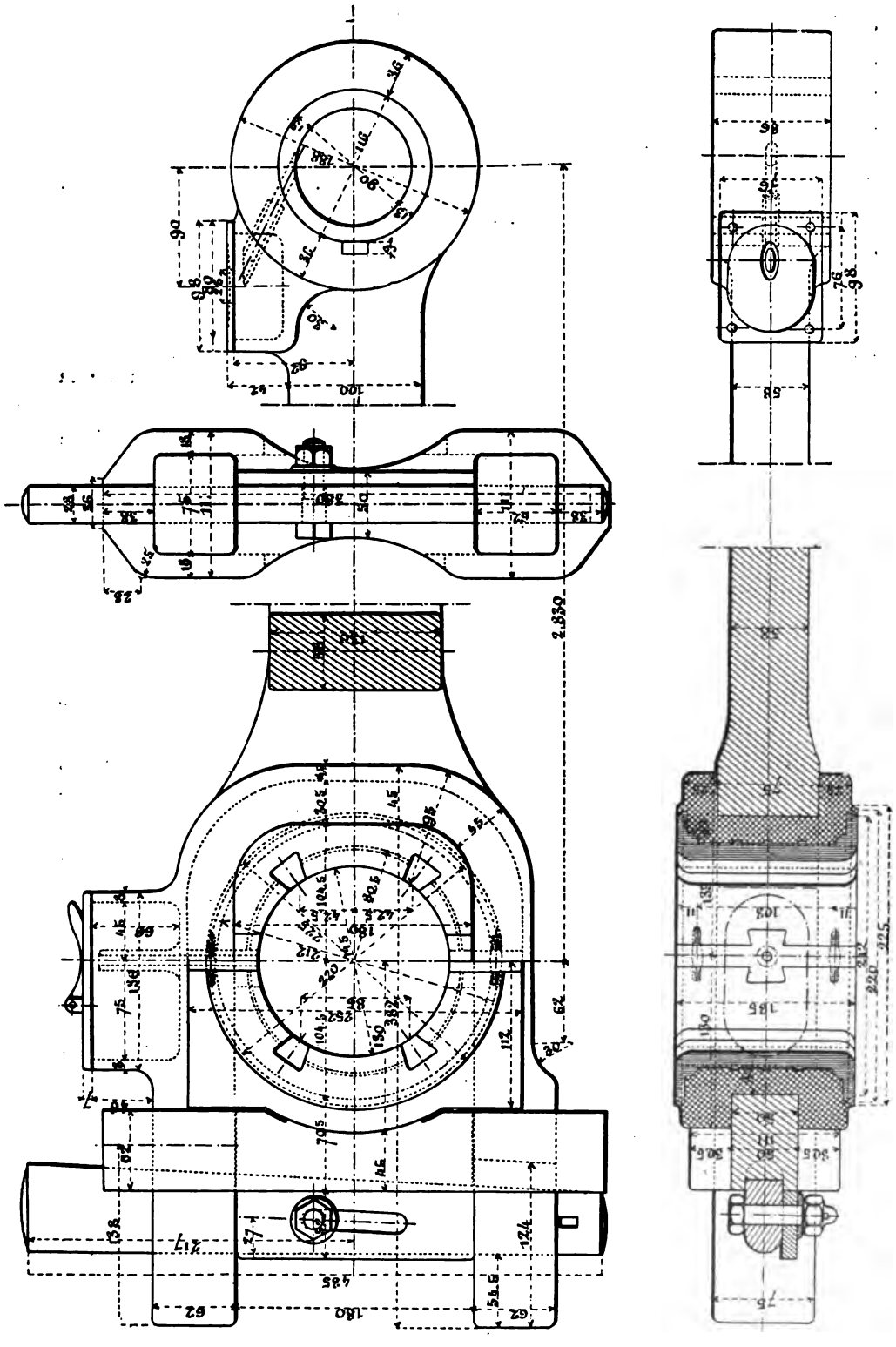


Fig. 505. — Bielle motrice (cylindres extérieurs) des locomotives à grande vitesse (type 800) des *Chemins de fer de l'Est*.

Digitized by Google

de forge, entièrement raboté sur toutes ses faces. A l'intérieur de cette cage sont placés deux coussinets en bronze, serrés l'un contre l'autre au moyen d'une clavette et laissant entre eux une ouverture dans laquelle passe le maneton de la manivelle.

Le demi-coussinet arrière porte à son pourtour des joues qui servent à l'emboîter dans la tête de bielle et à l'empêcher de s'échapper latéralement. On ne peut donc le retirer qu'après avoir desserré la clavette et enlevé l'autre coussinet muni de rebords d'un seul côté. Encore faut-il, après l'avoir amené au milieu de la cage, le faire tourner de 90° et le placer horizontalement. Pour empêcher que le demi-coussinet avant qui ne possède qu'une joue latérale ne puisse sortir intempestivement de la tête de bielle, il est épaulé de ce côté sur la clavette, comme on s'en rendra compte par l'examen de la figure 504.

Les coussinets, en bronze, sont serrés l'un sur l'autre *à bloc*, comme dans toutes les articulations des machines à vapeur. Cela veut dire que leurs deux faces qui sont opposées et se touchent sont ajustées de telle sorte que, une fois les coussinets fortement serrés par la clavette chassée à demeure, ils laissent entre eux un trou circulaire ayant le diamètre du tourillon plus les quelques dixièmes de millimètre nécessaires pour le jeu de l'articulation et ne viennent pas exercer de serrage sur la portée quel que soit le degré d'enfoncement de la clavette. Lorsqu'il s'est, en cours de service, produit une usure exagérée et une ovalisation des coussinets, on vient légèrement gratter ou limer les faces en contact des coussinets de manière à diminuer le diamètre du trou de la quantité voulue. On préfère souvent interposer entre les coussinets des cales minces en bronze ou en laiton que l'on change quand on veut donner du serrage (fig. 505).

Un godet graisseur à siphon est ménagé à la partie supérieure de la tête de bielle. Ici ce godet est venu de forge, puis évidé à la machine.

On trouvera figure 504 une variante de ce genre de tête de bielle dans laquelle la clavette est remplacée par un coin actionné au moyen d'une vis et d'un écrou.

Têtes de bielles ouvertes (fig. 505 à 521). — Dans ces têtes de bielles, le cadre qui maintient les coussinets est facilement démontable afin de permettre le montage de la bielle sur les tourillons des essieux coudés ou sur les boutons extérieurs présentant des collets de grande saillie ou munis d'une contre-manivelle (fig. 541). Il en existe un grand nombre de systèmes différents dont nous examinerons les plus répandus, à savoir les têtes de bielles *à chape*, *à fourche* et *à palier*, mais en somme elles se divisent en deux systèmes principaux suivant que la fixation et le réglage des coussinets sont opérés au moyen des organes mêmes servant à effectuer la fermeture de la

Digitized by Google

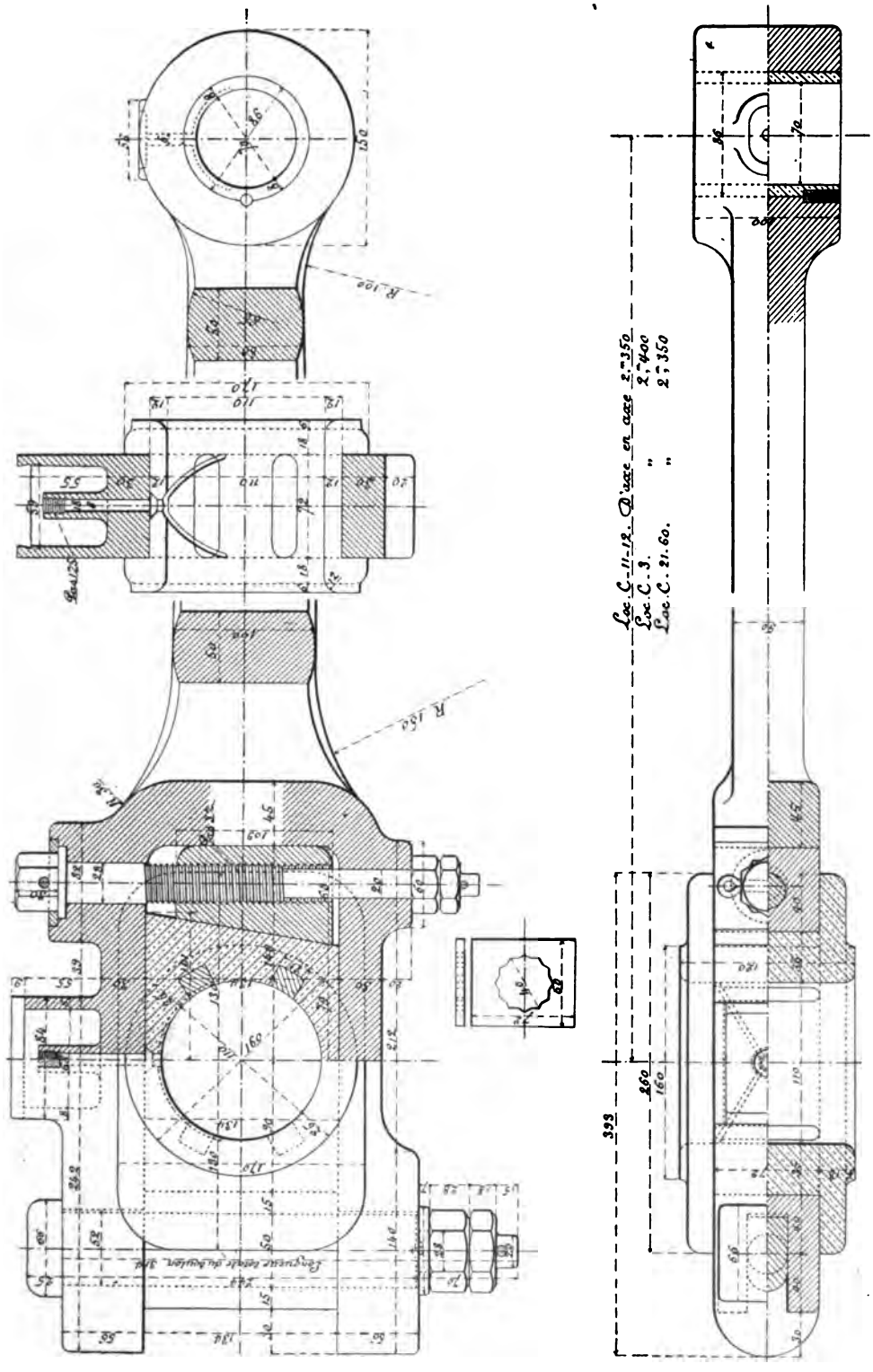


Fig. 506. — Bielle motrice (cylindres extérieurs, H. P.) des locomotives compound à grande vitesse (séries C-11-12 ; C. 3 ; C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

Digitized by Google

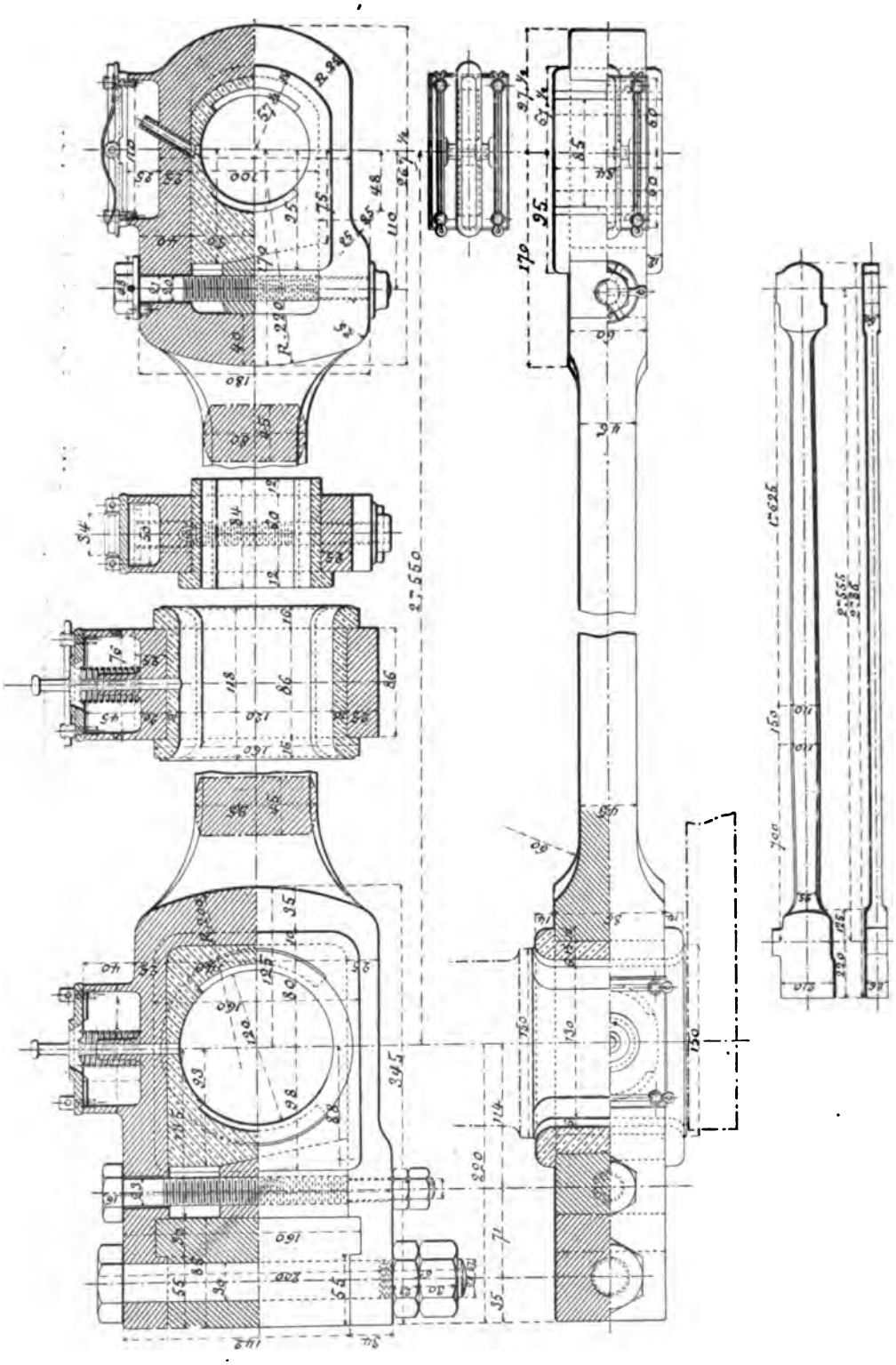


Fig. 507. — Bielle motrice (cylindres extérieurs) des locomotives compound à grande vitesse de l'*Etat prussien* (Cologne).

Digitized by Google

tête de bielle ou à l'aide d'organes spéciaux indépendants. On peut considérer ce dernier genre de têtes comme dérivé du système à tête fermée avec cette différence qu'une partie de la cage est démontable. Quand la partie mobile est en place, ces bielles se comportent absolument comme des têtes fermées.

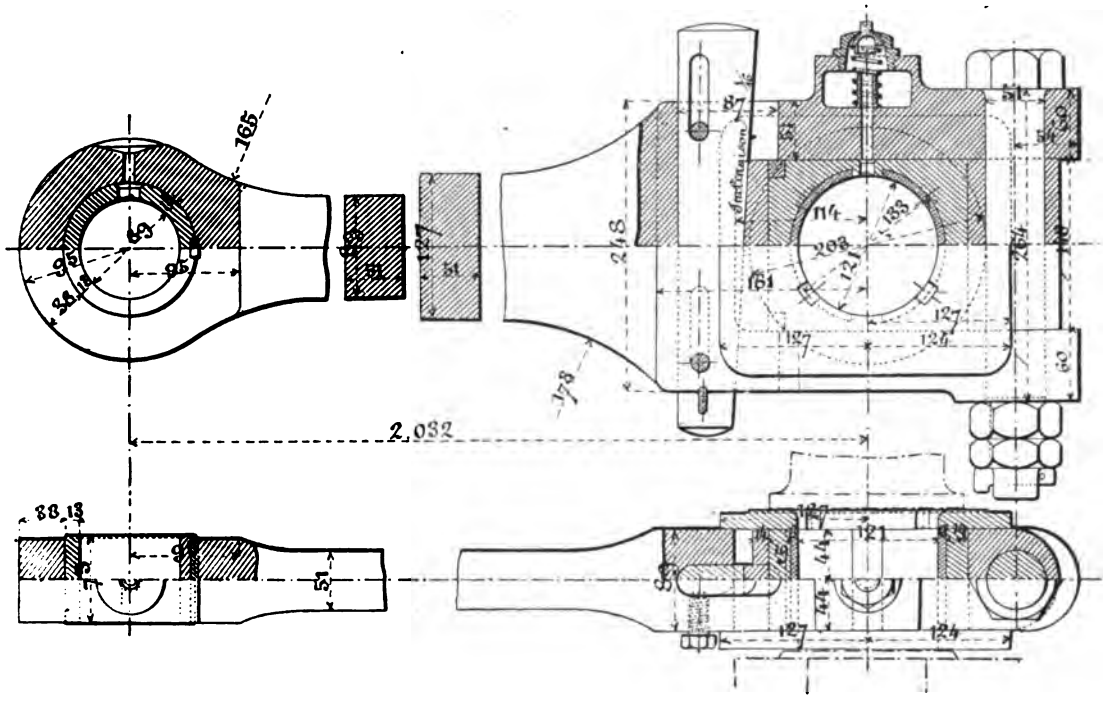


Fig. 508. — Bielle motrice (cylindres extérieurs) des locomotives à grande vitesse du *London and South Western Railway*.

Le plus ancien de ces dispositifs est la bielle *à chape* dont les figures 512 à 515 indiquent la forme la plus moderne et la plus perfectionnée.

Dans cette bielle, la cage de la tête est formée, à l'avant par l'extrémité de la bielle, allégée en son milieu par une ouverture, sur les trois autres côtés, par une chape rabotée et polie, parfaitement ajustée sur les faces supérieure et inférieure de la partie arrière. Elle y est fixée par deux boulons parallèles qui la traversent de part en part; quelquefois on ajoute à mi-fer, en haut et en bas, entre les deux boulons, une petite cale en queue d'aronde, souvent à cheval sur ces boulons, et qui donne de la rigidité à l'assemblage (fig. 513) ou un étrier. A l'intérieur du cadre ainsi constitué sont placés deux coussinets qui portent des joues à leur pourtour, des deux côtés, et ne peuvent se retirer qu'après démontage complet des boulons et de la chape. Ils sont serrés l'un sur l'autre, à bloc, par une clavette dont des vis de pression, traversant la chape, ou tout autre système de frein, empêchent le desserrage intempestif. Pour éviter que la clavette, qui présente sur la tranche une sur-

Digitized by Google

face assez faible, ne vienne creuser une dépression dans le coussinet composé d'un métal beaucoup moins dur, on interpose souvent une cale en acier entaillée pour le passage de la clavette et portant sur toute la largeur du coussinet avant. Cette disposition, qui s'applique aux têtes de bielle à clavettes de tous systèmes, est du reste à recommander.

Le godet graisseur est venu de forge avec la chape.

Pour démonter une semblable tête de bielle, on commence par retirer la

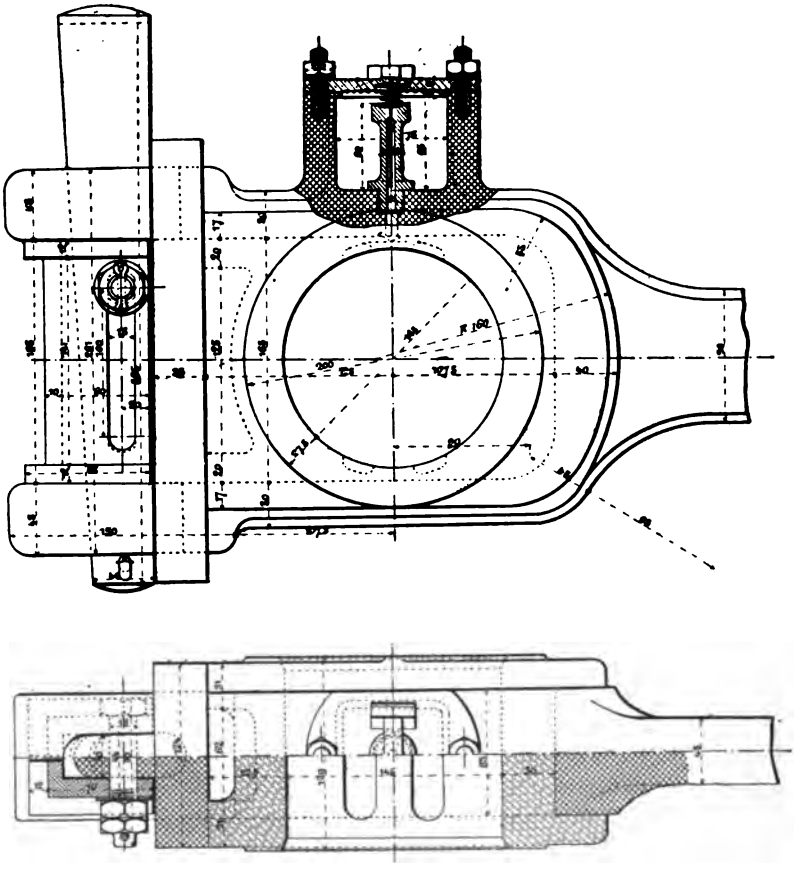


Fig. 509. — Tête de bielle motrice (cylindres extérieurs) des locomotives à grande vitesse (série 77-86) du *Chemin de fer d'Orléans*.

clavette puis les boulons et enfin la chape que l'on fait glisser vers l'arrière, parallèlement à elle-même, jusqu'à ce que son extrémité antérieure soit dégagée des coussinets. Ces derniers se retirent alors.

Par suite de sa forme, cette tête de bielle s'applique surtout aux tourillons de manivelles étroits et aux bielles à corps rectangulaire. On en trouvera figure 528, d'autres exemples appliqués à des boutons de manivelle de petit diamètre.

Digitized by Google

Ces têtes présentent sur l'arrière une très faible saillie et conviennent fort bien par conséquent aux locomotives à cylindres intérieurs dans lesquelles elles permettent de placer la partie avant du foyer aussi près que possible de l'essieu coudé.

On doit, autant que possible, disposer les clavettes ou coins de serrage des deux têtes de la bielle de telle sorte qu'ils se trouvent tous les deux à droite ou à gauche du tourillon correspondant. Si en effet les clavettes sont placées en face l'une de l'autre, c'est-à-dire entre les deux tourillons, lorsqu'on les serre pour rattraper les jeux, on tend à allonger la bielle, mesurée d'axe en axe des tourillons; si elles sont placées toutes deux vers le dehors, on tendra au contraire à raccourcir la bielle. C'est là un inconvénient sérieux auquel on peut d'ailleurs remédier dans une certaine mesure à l'aide de cales. On ne peut toujours y avoir recours, car on est souvent amené à réduire au maximum la longueur de la tête de bielle vers l'arrière, du côté opposé au cylindre, à cause des obstacles qui peuvent exister : le foyer par exemple dans les locomotives à cylindres intérieurs.

Dans l'ancienne bielle à chape, celle-ci n'était tenue que par la clavette et la contre-clavette servant aussi au serrage du coussinet; cette disposition était plus simple, mais présentait une solidité moindre; on ne doit plus l'employer.

La plus simple des têtes de bielles *à fourche* est représentée figures 505, 509, 510). La bielle se termine par une fourche placée dans le plan vertical et venue de forge. On y glisse par l'arrière deux coussinets que l'on vient serrer à l'aide d'une clavette traversant les bras de la fourche dans une ouverture rectangulaire et s'appuyant vers l'arrière sur une contre-clavette. Cette dernière a pour effet d'offrir à la clavette une surface de portage sur toute sa longueur. Si on la supprimait, la clavette ne porterait plus que dans les trous des branches de la fourche, sur une surface insuffisante et en materait les arêtes. De même, pour éviter que la clavette n'entaille le tourillon, on interpose, entre celle-ci et le coussinet, une cale en acier dur ou bien un cadre transversal ajusté autour de la fourche de bielle, qui porte sur la clavette, en haut et en bas, et sur les joues des coussinets latéralement. Ce cadre a aussi pour but d'empêcher la fourche de s'ouvrir.

Au lieu d'agir sur la clavette avec un marteau, on la serre souvent au moyen d'un écrou vissé sur une partie filetée qui la termine vers le bas. On immobilise le système en serrant un contre-écrou qui fait office de frein.

Cette tête de bielle est fort répandue en France, pour les locomotives à cylindres extérieurs surtout (*P. O.; Est; État*). Le principal inconvénient de cette tête consiste dans la grande saillie qu'elle présente sur l'arrière du maneton. On ne peut l'employer dans toutes les circonstances et surtout dans les machines à cylindres intérieurs dont le foyer doit être placé aussi près que possible de l'essieu moteur.

Digitized by Google

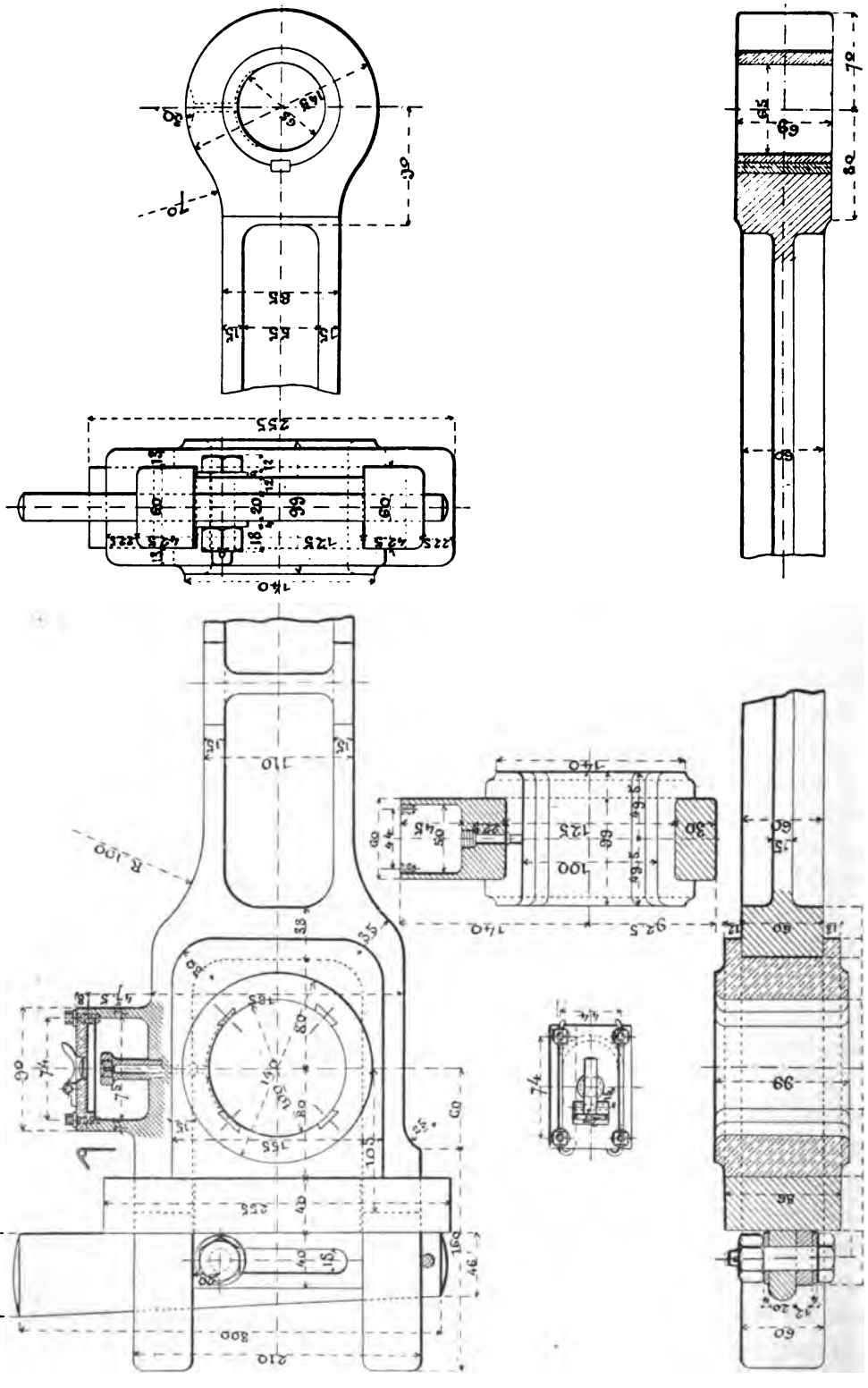


Fig. 510. — Bielle motrice (cylindres extérieurs. H. P.) des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

Digitized by Google

Dans un autre système très répandu aujourd'hui (fig. 506, 507, 508, 511), la fourche est fermée sur l'arrière à l'aide d'une cale ajustée, souvent encastrée (fig. 507), que traverse un boulon. Ce serrage des coussinets est opéré par une clavette spéciale, ou un coin, placé sur l'avant comme figures 506, 508 et 511 ou sur l'arrière comme figure 507 et s'appuyant alors sur la cale.

La fourche peut aussi être ouverte vers le haut ou vers le bas. La figure 525 représente un modèle de tête de bielle dans lequel la partie supérieure de la cage est démontable et s'assemble à emboîtement afin d'éviter le cisaillement des boulons qui la maintiennent. Le réglage des coussinets se fait au moyen d'une clavette.

Nous arrivons maintenant aux têtes de bielles à *palier* qui sont de beaucoup les plus répandues pour les machines à essieu coudé.

Ce genre de tête de bielle présente avec les paliers ordinaires une analogie complète. Le corps de la bielle se termine, du côté du tourillon moteur, par une embase élargie venue de forge et rabotée sur toutes ses faces. Le bouton de manivelle est entouré de deux demi-coussinets serrés entre cette embase et un chapeau rapporté à l'aide de deux boulons parallèles à l'axe de la bielle et placés de part et d'autre du tourillon. Ces coussinets sont ajustés sur l'embase de la bielle et le chapeau de la bielle au moyen de surfaces planes et maintenues par des tétons circulaires qui servent aussi de repère pour le montage. Ils s'élargissent sur le côté afin de couvrir la portée du tourillon suivant toute sa longueur, sans qu'il soit nécessaire de donner la même largeur à la tête de la bielle.

Cette tête de bielle offre peu de solidité dans le sens transversal, même si les boulons sont fortement serrés. Cela ne présente pas un grand inconvénient dans les machines à marche lente, parce que l'effort, de traction ou de compression, exercé sur la bielle, est toujours dirigé suivant son axe longitudinal. Il n'en est pas de même dans les machines à grande vitesse comme les locomotives, la force centrifuge tendant à créer une composante transversale qui peut être importante. Aussi, dans les locomotives, emploie-t-on toujours un dispositif dans lequel les coussinets, circulaires, ovales ou rectangulaires à l'extérieur, sont renfermés dans une sorte de cage formée par deux parties symétriques dont l'une est venue de forge avec le corps de la bielle et dont l'autre fait partie d'un chapeau, en fer ou en acier, fixé à la précédente par deux boulons parallèles à l'axe du corps (fig. 517, 519). Ces deux portions sont souvent assemblées à emboîtement pour offrir plus de solidité dans le sens transversal.

Quelquefois, tout en conservant à la tête de bielle à palier sa forme générale, on fait venir les boulons de forge avec la partie attenant à la bielle et les écrous sont tournés vers l'arrière. Cette pratique n'est pas très recommandable, car elle complique notablement l'opération du forgeage et si un de ces

Digitized by Google

boulons vient à casser, la bielle est sacrifiée. Certains constructeurs y remédient en rapportant les deux parties filetées qui forment prisonniers et

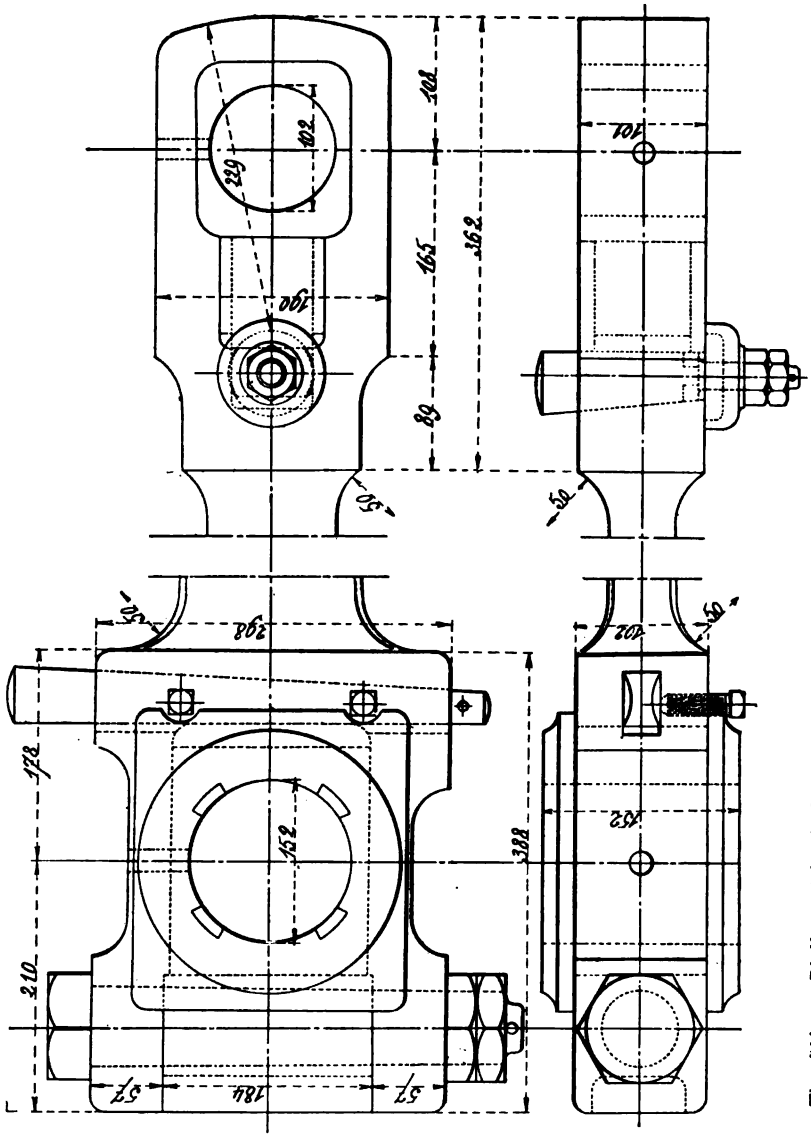


Fig. 511. — Bielle motrice (cylindres extérieurs) des locomotives à grande vitesse du *N. Y. N. H. and H. R. D.* (Schenectady Locomotive Works). La grosse tête est d'un modèle très léger.

se vissent dans le corps supérieur de la bielle, mais, au point de vue de la solidité, ce dispositif ne vaut pas les précédents.

Dans un très bon modèle de tête de bielle, employé entre autres par les Compagnies de l'*Ouest* et de *P.-L.-M.* pour les locomotives à cylindres intérieurs (fig. 520, 521), le chapeau de la bielle se compose d'un simple étrier arrondi se terminant, vers l'avant, par deux parties cylindriques, parallèles à l'axe de la bielle, filetées à leur extrémité, qui servent d'attache sur le

Digitized by Google

corps; les écrous sont tournés du côté du cylindre et la saillie vers l'arrière est très faible, ce qui est avantageux, nous l'avons vu.

Dans les têtes de bielle à palier, on doit rapprocher autant que possible les deux boulons afin de diminuer le volume et le poids des têtes et la fatigue sur le chapeau. Aussi les place-t-on aussi près que possible de la portée de

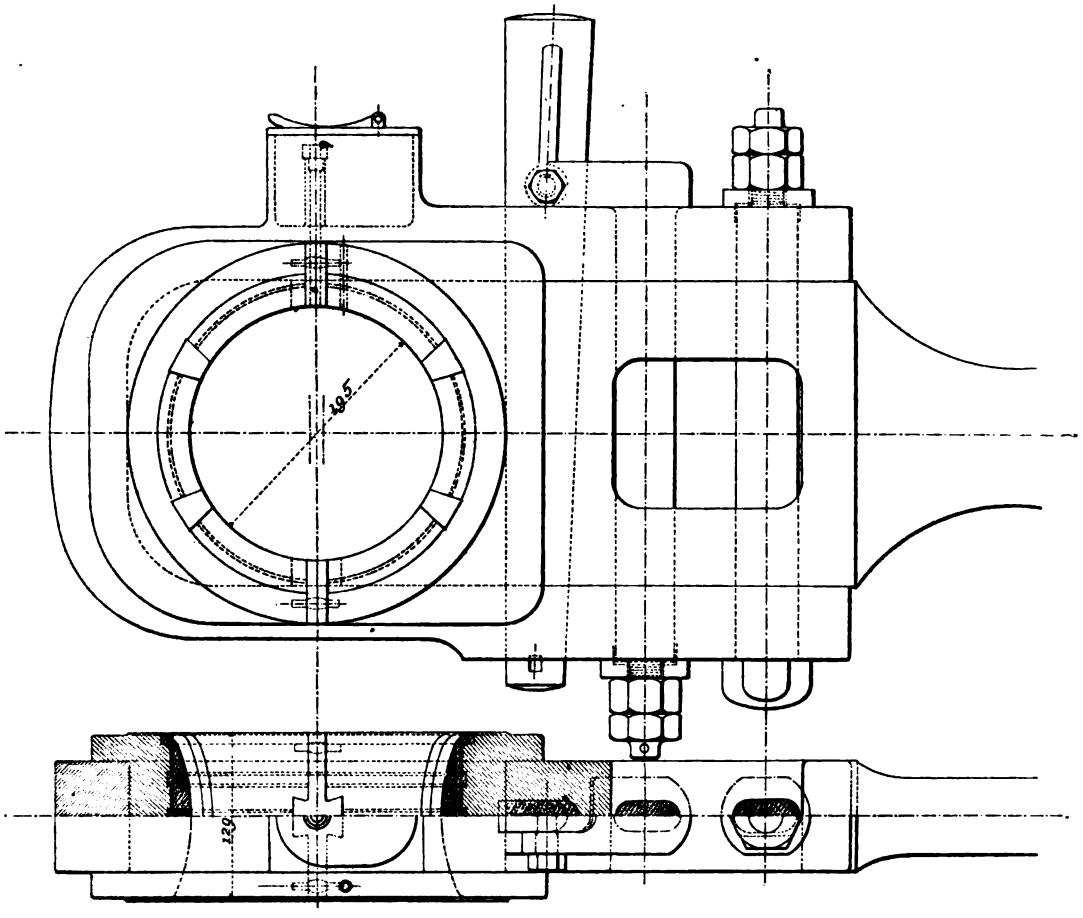


Fig. 512. — Tête de bielle motrice à chape (cylindres intérieurs) ; type anglais.
(D'après le *Traité de la Machine à vapeur* de M. E. Sauvage.)

la manivelle, en ne laissant au coussinet, entre cette dernière et ces boulons, qu'une épaisseur extrêmement faible, ce qui n'a pas d'inconvénients puisqu'ils ne travaillent pas en ce point. Les écrous doivent être autant que possible placés du côté du cylindre, afin d'être facilement accessibles dans toutes les positions que peuvent occuper les manivelles ; on diminue en outre de la sorte la saillie de la tête de bielle, vers l'arrière.

Les écrous des bielles tendent toujours à se desserrer sous l'action des chocs, on doit donc les munir de freins.

Digitized by Google

La goupille ordinaire ne saurait toujours convenir, car son emploi exige que l'écrou revienne à la même place. On peut toutefois y remédier en plaçant, entre l'écrou et la goupille, des cales dont on change l'épaisseur suivant que l'on veut donner ou reprendre du serrage, mais c'est là un procédé peu élégant. On peut remplacer la goupille par une clavette que l'on serre plus ou moins suivant l'enfoncement de l'écrou.

Le plus souvent, dans les têtes de bielles à palier des locomotives, on se contente, comme frein, d'un contre-écrou maintenu lui-même par une goupille ou une petite clavette.

253. Petites têtes de bielles. — Les petites têtes n'offrent en elles-mêmes rien de particulier, elles ne sont que la réduction des dispositifs adoptés pour la grosse tête bien que, souvent, comme elles sont parfois peu accessibles et en partie masquées par les joues de la crosse, on se contente de les constituer d'un œil garni d'une bague en bronze, sans rattrapage de jeu (fig. 513, 514, 516).

Dans les locomotives, le tourillon d'articulation de la petite tête est toujours fixé sur la crosse dont les joues forment une fourche entre les branches de laquelle pénètre la tête de la bielle.

Quand la petite tête est à rattrapage de jeu, la présence de la crosse oblige toujours à placer la clavette ou le coin de serrage du côté arrière, c'est-à-dire du même côté du tourillon que la clavette de la tête principale, quand cette clavette est placée du côté du cylindre comme on peut y être contraint; dans ce cas, on peut raccourcir intempestivement la bielle en réglant son serrage. C'est une raison de plus pour se dispenser de rattrapage de jeu du côté de la petite tête.

254. Serrage des coussinets. — Dans les têtes de bielles à cage fermée, ou dans les têtes démontables mais qui se ferment à l'aide d'un organe spécial établissant la continuité du contour et ne servant qu'à cette seule destination, le réglage et le serrage des coussinets s'obtiennent au moyen de clavettes et de coins. La clavette usuelle se serre simplement à la main ou au marteau; on la fixe à l'aide d'un frein spécial dont nous verrons de nombreux exemples. Il se compose essentiellement d'un goujon vissé vers le milieu de la clavette, transversalement (fig. 504, 505, 509, 510) et traversant la fente pratiquée dans une cale en acier ajustée à l'intérieur de la cage derrière ou devant le coussinet. Un écrou qui se visse sur ce goujon peut venir serrer contre cette cale une rondelle établissant un frottement assez grand pour immobiliser la clavette.

Souvent, la clavette se serre à l'aide d'un pas de vis tracé sur une partie cylindrique qui la termine en haut ou en bas, sur lequel est monté un écrou

Digitized by Google

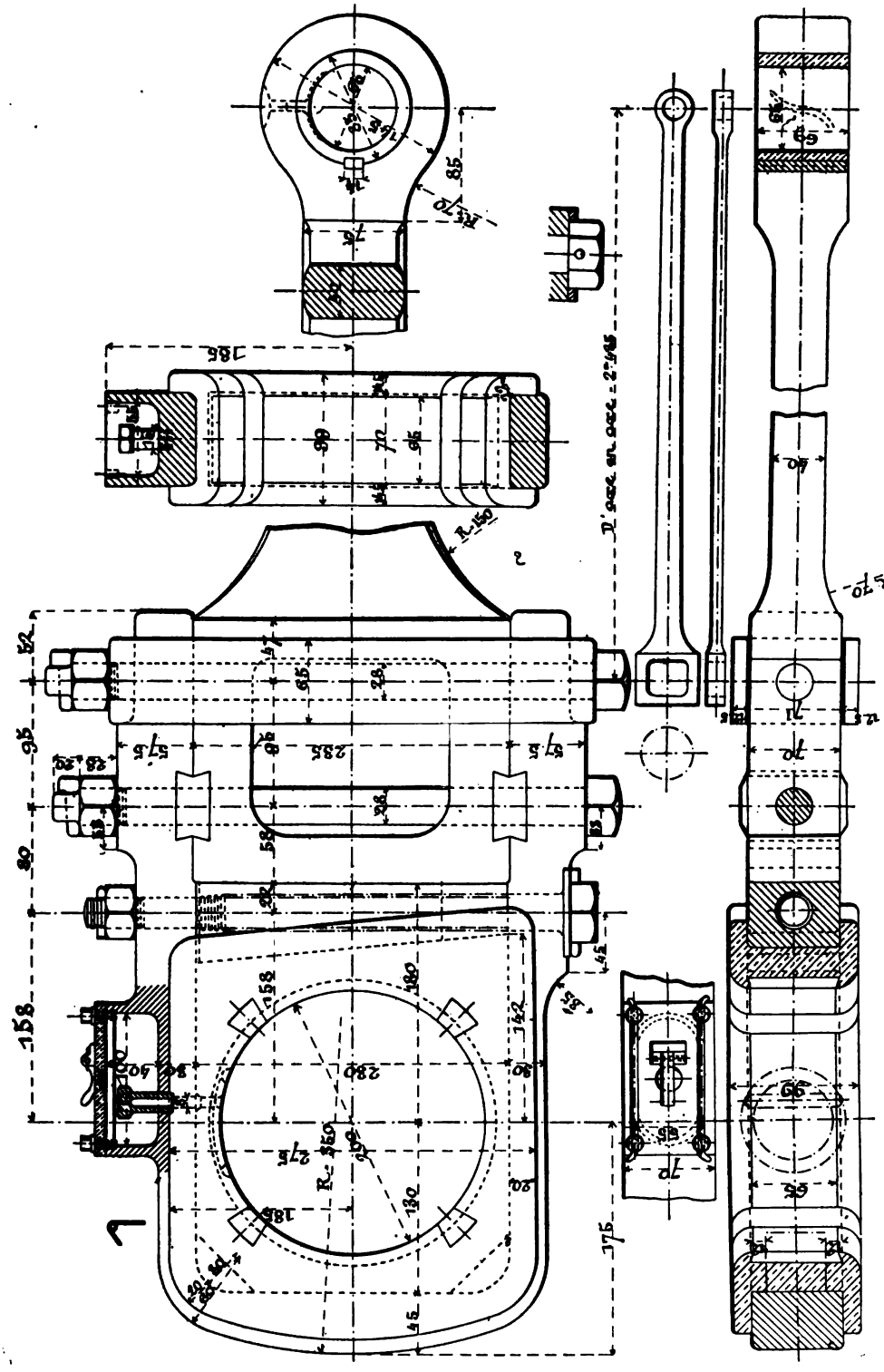


Fig. 513. — Bielle motrice (cylindres intérieurs, B. P.) des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2160) du *Chemin de fer du Nord*.

Digitized by Google

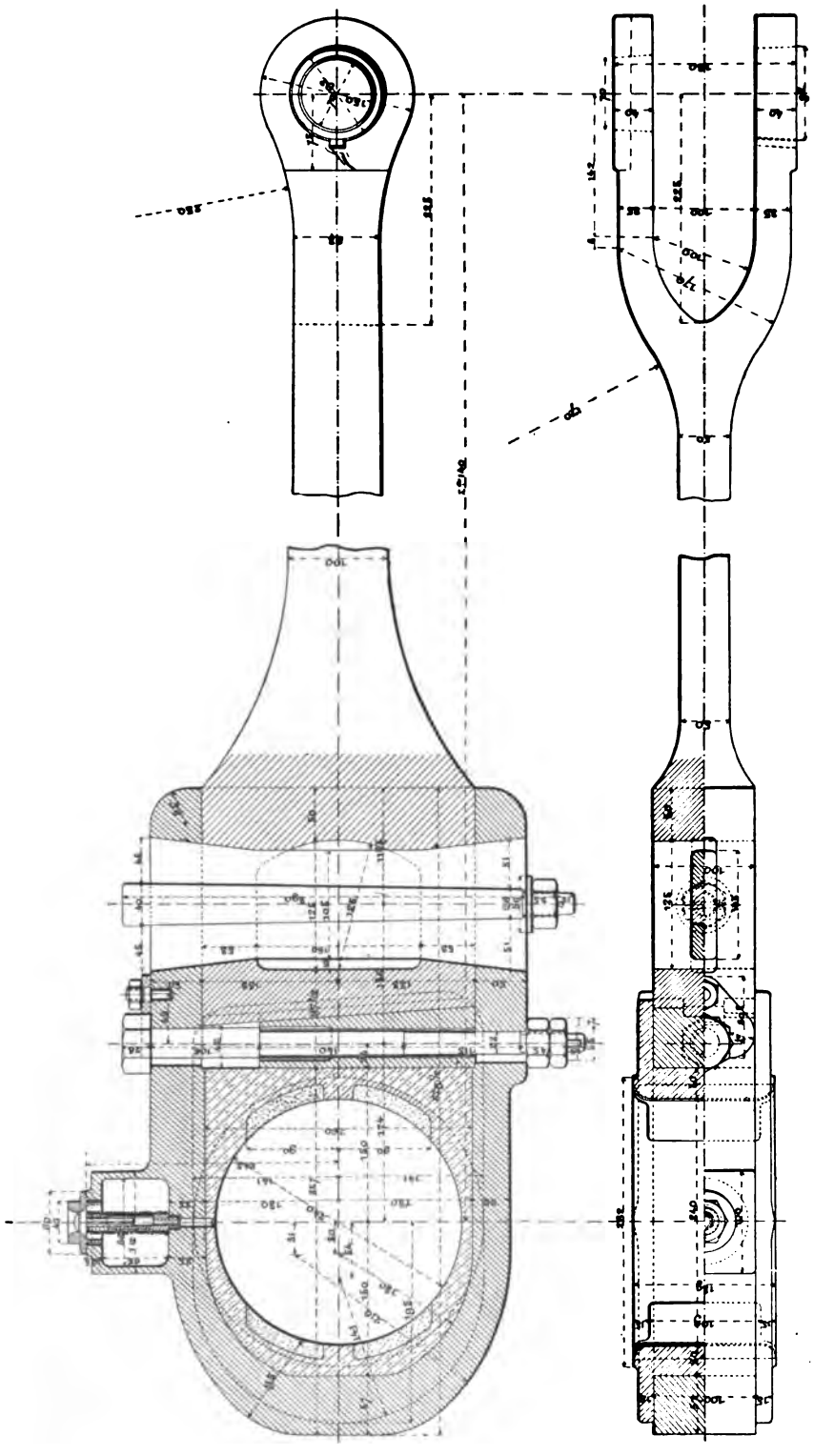


Fig. 514. — Bielle motrice (cylindres intérieurs) des locomotives à marchandises (type 23) de l'*État belge*.

Digitized by Google

reposant sur une rondelle, en dehors de la cage. Un contre-écrou et une rondelle servent de frein (fig. 511).

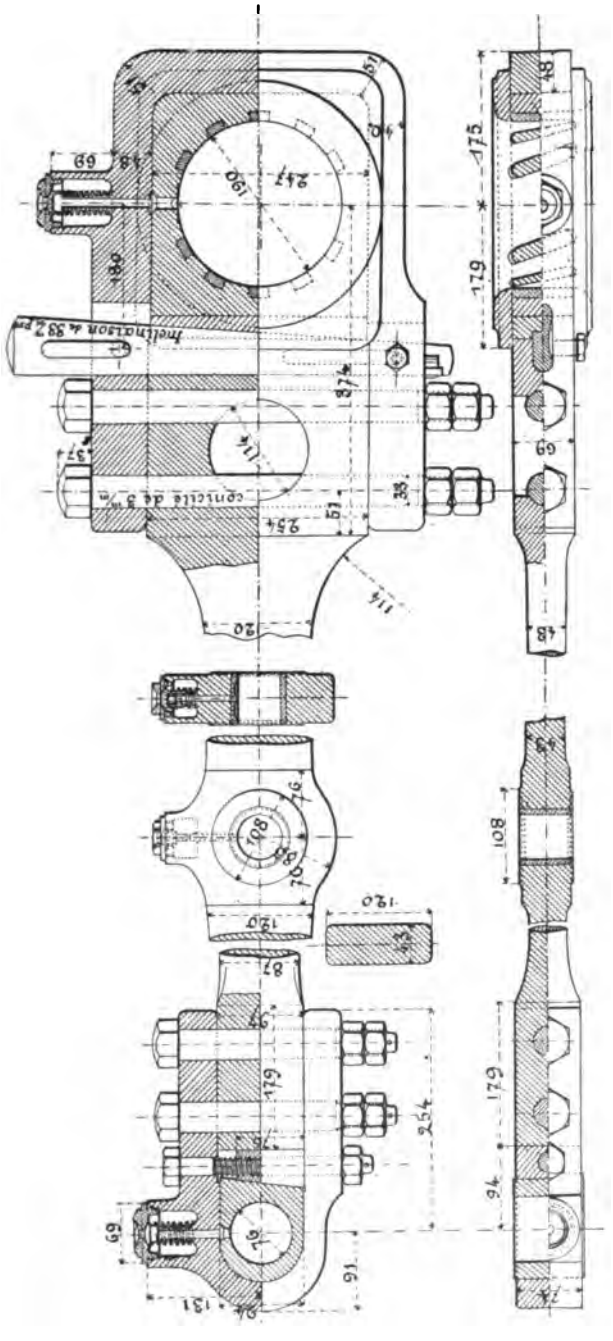


Fig. 515. — Bielle motrice (cylindres intérieurs) des locomotives dites *Standard* du *Lancashire and Yorkshire Ry.* (D'après le *Railway Engineer.*)

Les coins peuvent se serrer par le même procédé (fig. 519) (1), mais le plus souvent on préfère adopter un dispositif analogue à celui des figures 506, 507, 513, 514, 526) ; le coin est percé suivant son axe vertical d'un trou taraudé dans lequel vient se visser une tige filetée qui se termine d'un côté par une tête à six pans, de l'autre par un écrou avec contre-écrou s'appuyant sur les parties extérieures et opposées de la cage. La tête sert à fixer la position du coin en faisant tourner la vis et l'écrou tient lieu de frein.

Dans les têtes de bielles à palier, à étriers et dans une certaine catégorie des têtes à chapes, le serrage des coussinets s'opère par les boulons même ou les clavettes qui servent à fixer la partie mobile de la tête ; des contre-écrous goupillés servent de frein (fig. 520, 521).

255. Examen de quelques types de têtes de bielles motrices. — Nous avons réuni un certain nombre d'exemples propres à donner une idée assez complète de pratique usuelle. Nous étudierons séparément les bielles pour cylindres intérieurs et extérieurs.

Digitized by Google

Bielles pour cylindres intérieurs. — Ces bielles sont surtout caractérisées par la grosseur de leur tête principale qui est en outre nécessairement du type dit ouvert pour permettre sa mise en place sur le tourillon des essieux coudés et leur démontage. Elles doivent en général présenter vers l'arrière une saillie aussi faible que possible afin que l'on puisse placer la face avant de la boîte à feu à la distance minimum de l'essieu moteur, ce qui, pour un écartement donné d'essieux, a l'avantage de permettre de donner à la grille la longueur maximum.

Bielle des cylindres intérieurs des locomotives compound à grande vitesse du chemin de fer du Nord (Mach. 2 121-2 157) (fig. 513). — La grosse tête est du type à chape rapportée ; celle-ci est maintenue sur l'avant par une frette bien ajustée qui empêche ses deux branches de s'ouvrir et par deux pièces à queue d'aronde destinées à établir sa solidarité dans le sens longitudinal. Cet assemblage est complété par deux boulons verticaux, traversant, l'un la frette, l'autre les clavettes à queue d'aronde qu'elles maintiennent. La partie de la tête sur laquelle vient s'assembler la chape, est allégée par une ouverture médiane. Les coussinets sont en bronze et garnis de métal blanc ; leur serrage est obtenu par un coin en acier dont la position verticale se règle au moyen d'un pas de vis à filets ronds tracé sur un boulon traversant les deux branches de la chape, et que l'on cale, une fois le serrage nécessaire obtenu, au moyen de l'écrou goupillé placé à la partie supérieure.

La lubrification est assurée par un graisseur sans mèche logé dans un godet entaillé à l'intérieur d'un bossage venu de forge avec la chape.

La petite tête est ronde et renferme une simple bague en bronze entrée à la presse et calée en outre par une clavette en acier. Le graissage est opéré à l'aide d'un simple trou percé à la partie supérieure et communiquant avec une patte d'araignée à deux branches.

Bielle des locomotives des chemins de fer de l'État belge (fig. 514). — Elle appartient au même type que la précédente. La chape, légèrement arrondie vers l'arrière pour plus de légèreté, est fixée au corps de la bielle par une clavette et deux contre-clavettes. Les coussinets, qui sont très minces et très légers, sont serrés à l'aide d'un coin vertical sur lequel on agit à l'aide d'une vis verticale dont un écrou et un contre-écrou servant de frein fixent la position.

Bielle des locomotives dites Standard du Lancashire and Yorkshire Railway (fig. 515). — Cette tête appartient au type à chape, classique ; le corps est plein et de section rectangulaire, il comporte en son milieu un renflement percé d'un œil et muni d'une bague, pour la commande de la distribution du type Joy. La chape est fixée au corps de la bielle par deux gros boulons pré-

Digitized by Google

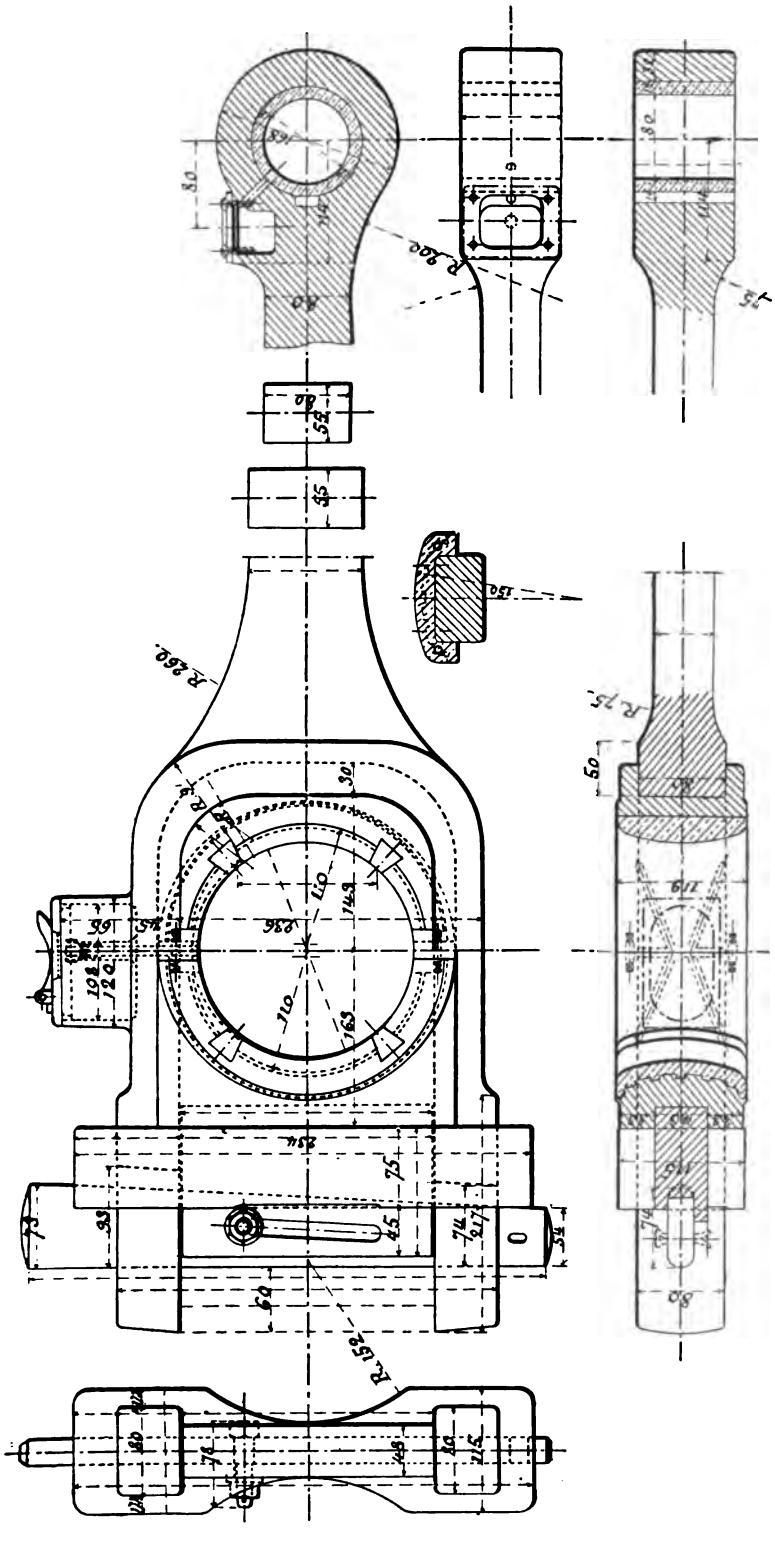


Fig. 516. — Bielle motrice (cylindres intérieurs) des locomotives de banlieue (série 729-742) des *Chemins de fer de l'Est*.

sentant une très légère conicité de manière à amener un coincement empêchant le desserrage. Le serrage des coussinets est obtenu à l'aide d'une simple clavette placée sur l'avant. Les coussinets sont munis de stries en antifriction.

La petite tête est du même type, mais le réglage des coussinets est obtenu à l'aide d'un coin sur lequel on agit au moyen d'une vis.

Bielle des locomotives mixtes de la Compagnie de l'Est (Série 441-465) (fig. 517 et 518). — La grosse tête est du type à palier, mais on pourrait, vu la longueur des branches, la rattacher au type à fourche. Les coussinets, en bronze et symétriques, régulés en plein, sont logés à l'intérieur d'une sorte de fourche terminant la bielle à l'arrière et dont les deux branches cylindriques sont tra-

Digitized by Google

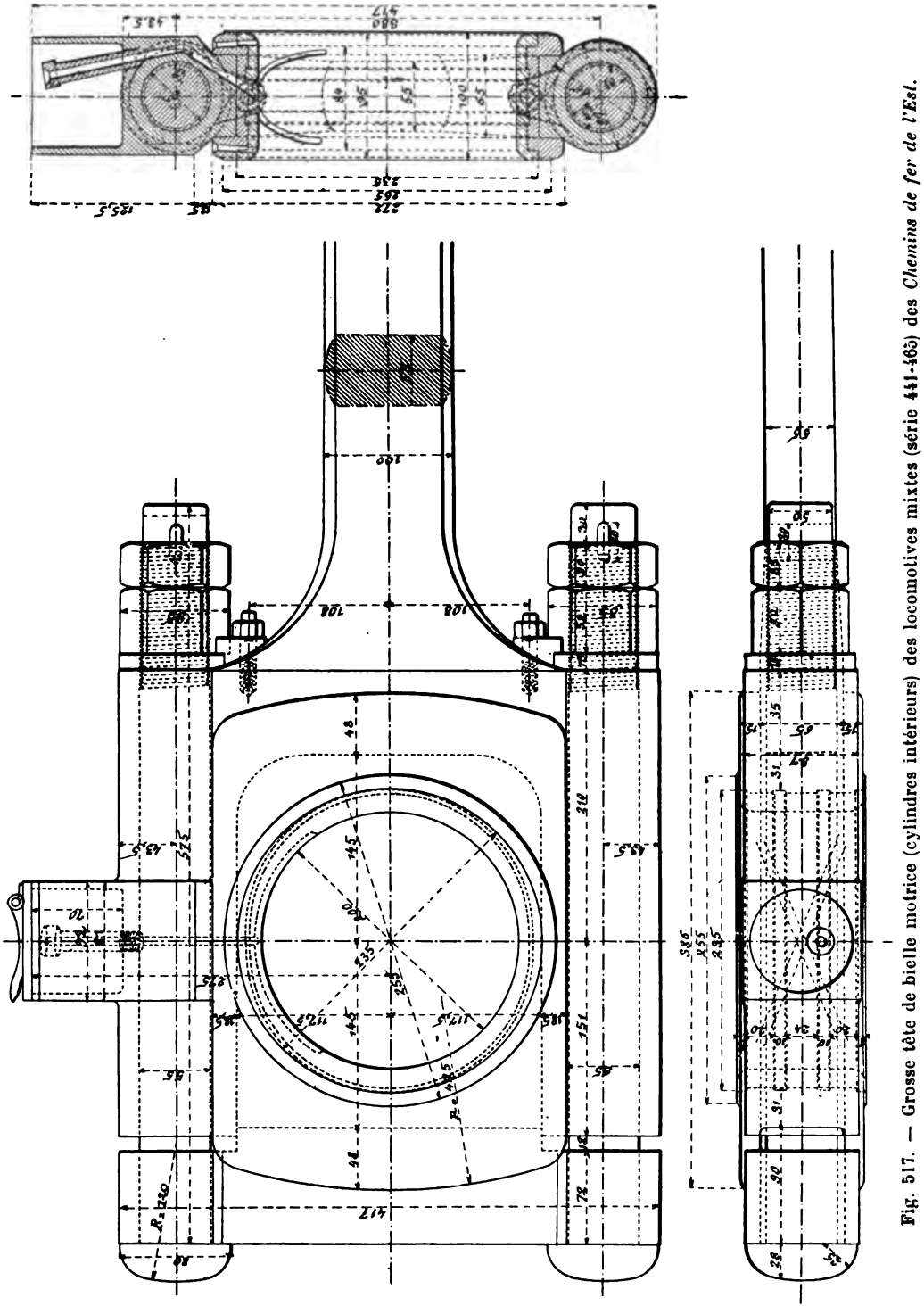


Fig. 517. — Grosse tête de bielle motrice (cylindres intérieurs) des locomotives mixtes (série 441-465) des *Chemins de fer de l'Est.*

versées suivant leur axe par les boulons, parallèles à l'axe de la bielle, qui

Digitized by Google

servent au serrage du chapeau, maintenant les coussinets sur l'arrière. Le

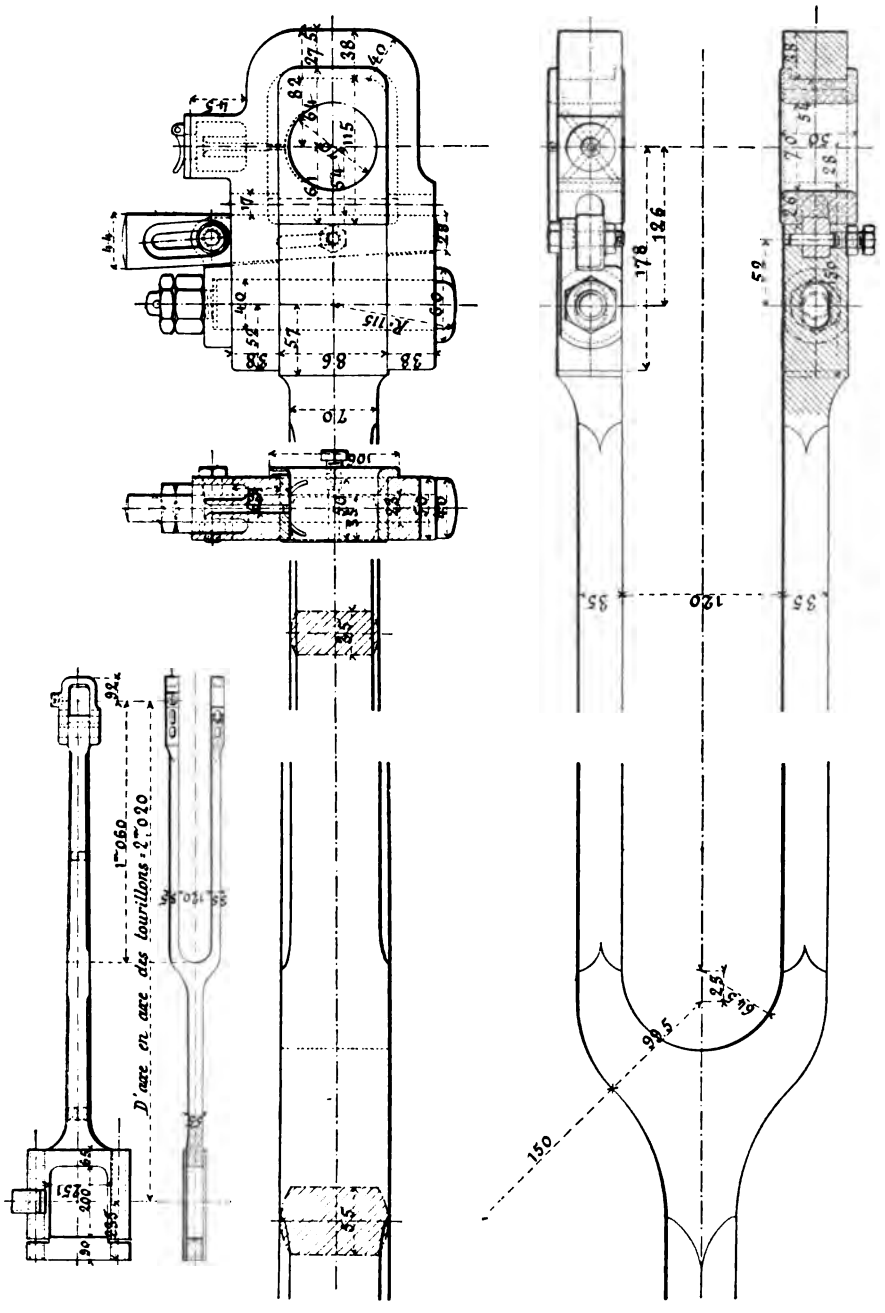


Fig. 518. — Petites têtes de bielle motrice des locomotives mixtes (série 441-465) des *Chemins de fer de l'Est.*

réglage et le rattrapage de jeu s'opèrent en limant les faces en contact des coussinets ; on peut donner du jeu en interposant une cale.

Les écrous de serrage sont sur l'avant ; ils sont fixés à l'aide de contre-

Digitized by Google

écrous et comportent en outre un frein d'un type que le simple examen de la figure suffit à faire comprendre.

Graisseur sans mèche pratiqué à l'intérieur d'un bossage venu de forge avec

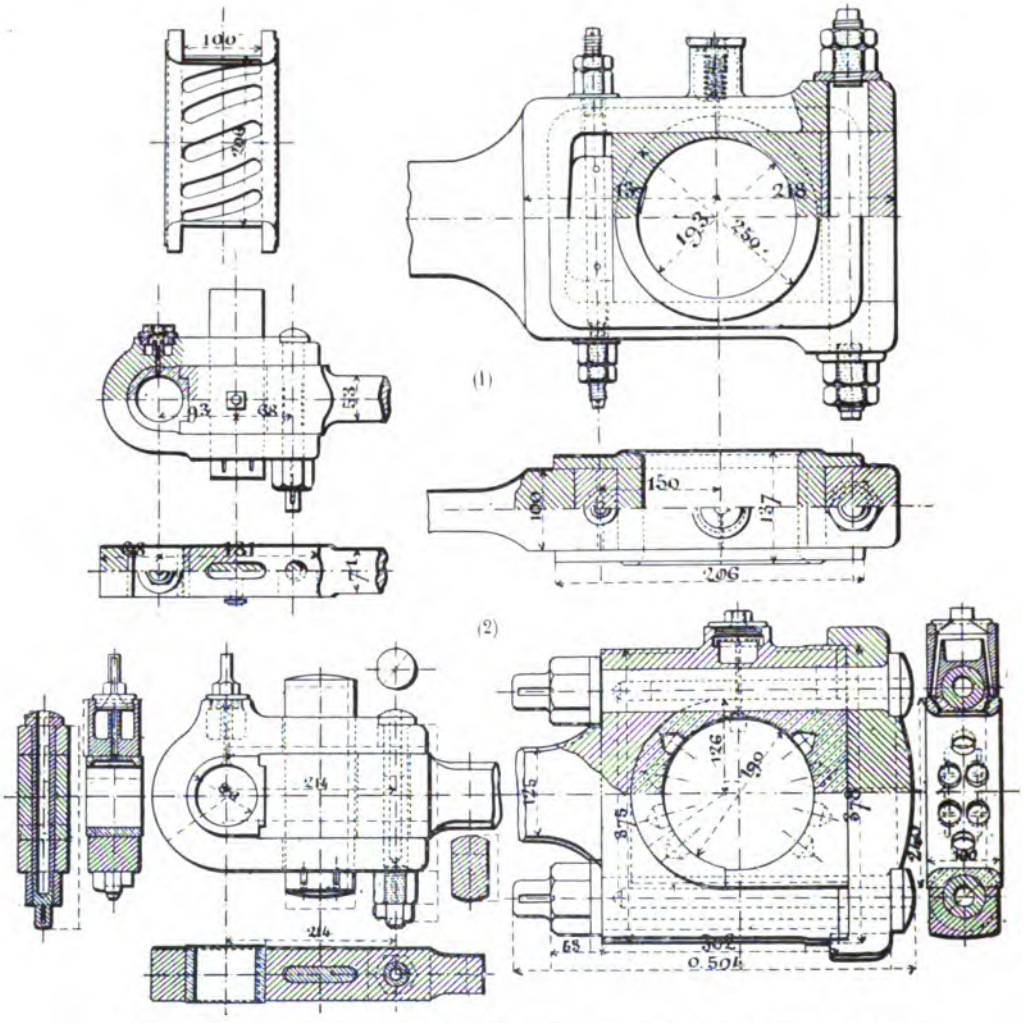


Fig. 519. — Grosses et petites têtes de bielles motrices pour cylindres intérieurs (types anglais).

la fourche supérieure de la tête, et dont le canal est brisé pour éviter le boulon.

Les petites têtes, montées sur les deux branches de la fourche qui embrassent les glissières, sont à chapes rapportées maintenues par un simple boulon transversal ; le serrage est effectué à l'aide d'une clavette à frein.

La figure 519 représente une autre bielle dont la grosse tête, à palier, est d'un modèle très employé en Angleterre et analogue à celui qui est usité dans la marine.

Digitized by Google

Bielle des locomotives à quatre roues accouplées et à bogie de la Compagnie de l'Ouest (Série 963-990) (fig. 521). — La grosse tête appartient au type dit à étrier et se rattache au modèle précédent dont elle n'est qu'une modification dans laquelle les deux boulons de serrage et le chapeau formant l'étrier sont venus de forge ensemble. Le corps de la bielle présente une grande simplicité et se termine simplement, vers l'arrière, par une embase plate sur laquelle viennent s'appuyer les coussinets et que traversent les extrémités antérieures, filetées, des étriers. Ces écrous sont sur l'avant,

Les coussinets sont en bronze et portent des macarons en métal blanc dans leurs portions antérieure et postérieure, mais sont antifrictionnées en plein sur le tiers environ de leur circonférence en haut et en bas. Le coussinet avant porte sur sa face antérieure une partie creuse à bords dressés, dans laquelle pénètre un talon ménagé sur la face arrière de l'embase de la bielle et qui établit la solidarité des deux pièces dans le sens transversal.

Petite tête ronde avec bague entrée à la presse et maintenue par une clavette ; simple trou de graissage en dessus, communiquant avec des pattes d'araignée croisées.

Bielle des cylindres intérieurs des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie P.-L.-M. (Série C.21-60) (fig. 520). — La grosse tête est une variante du type précédent dont elle diffère surtout par ce point que le coussinet antérieur est entièrement encastré dans une fourche formant la partie arrière du corps de la bielle ; l'étrier se réduit ainsi à une pièce semi-circulaire se terminant vers l'avant par les deux parties filetées servant à l'assemblage.

Graisseur sans mèche à la partie supérieure avec double canal à fourche contournant le boulon de serrage.

Bielle des locomotives de banlieue de la Compagnie de l'Est (Série 729-742) (fig. 516). — C'est une bielle du type à fourche absolument semblable dans ses dispositions générales à celles que l'on emploie pour les locomotives à cylindres extérieurs. Elle est très simple et très légère, mais fait sur l'arrière une grande saillie. On n'a pu l'employer dans l'espèce que grâce à l'éloignement de la boîte à feu qui se trouve en arrière de l'essieu accouplé.

Les coussinets sont encastrés dans une fourche terminant la bielle sur l'arrière. Leur serrage est obtenu au moyen d'une clavette à frein traversant à l'arrière les deux branches de la fourche et agissant sur eux par l'intermédiaire d'une pièce en acier qui sert tout à la fois à augmenter la surface de contact pour éviter que la clavette ne vienne à entamer les coussinets et à empêcher les deux branches de la fourche de s'ouvrir. Cette pièce porte en effet deux ouvertures calibrées dans lesquelles passent ces branches. Les deux coussinets sont en acier moulé et régulés en plein suivant

Digitized by Google

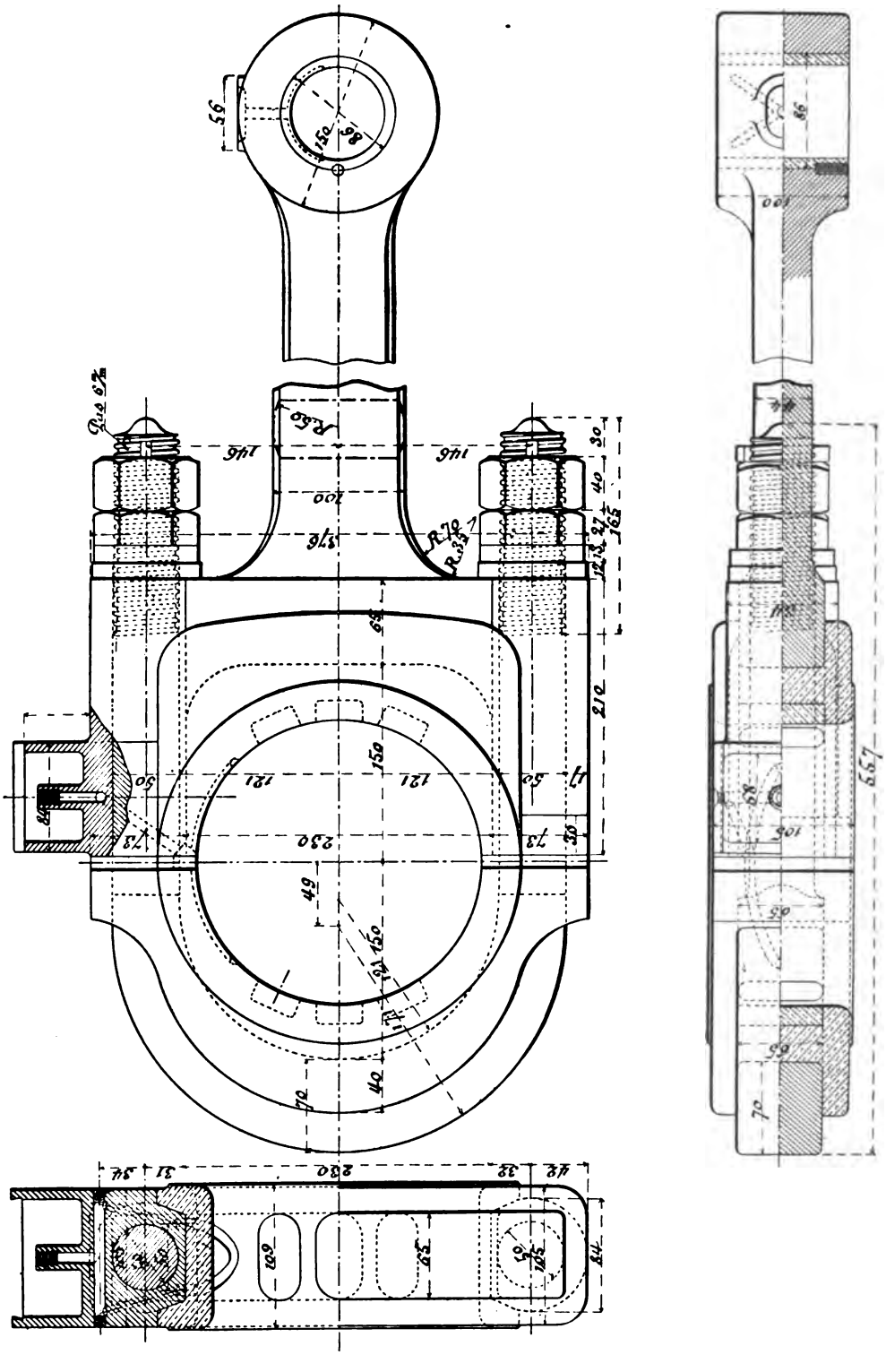


Fig. 520. — Bielle motrice (cylindres intérieurs, B. P.) des locomotives compound à grande vitesse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

Digitized by Google

le type adopté par la Compagnie de l'*Est* et dont nous avons parlé ailleurs. Graisseur sans mèche placé sur la branche supérieure de la fourche avec laquelle le récipient est venu de forge.

La surface frottante des coussinets est à génératrice courbe ; nous en donnerons les raisons dans le paragraphe consacré à l'étude des essieux coudés.

Petite tête ronde avec bague entrée à la presse et maintenue en outre par une clavette ; petit graisseur à mèche sur l'arrière.

Bielle du grand cylindre des locomotives compound du type Webb du London and North Western Ry (fig. 519 (1)). — Cette bielle est du type à fourche, comme la précédente dont elle diffère surtout par les moyens employés pour obtenir la fixation et le réglage des coussinets en vue de diminuer la saillie sur l'arrière, vu la proximité de la boîte à feu.

Les coussinets sont maintenus sur l'arrière par une cale bien ajustée entre les deux branches de la fourche et que maintient un gros boulon transversal. Cette cale et ce boulon complètent la tête de bielle pour en faire une véritable tête à cage fermée mais démontable. Le serrage et le réglage se font à l'aide d'un coin placé sur l'avant, solidaire d'un boulon vertical dépassant de part et d'autre et traversant les deux branches : on opère le réglage au moyen de deux écrous pouvant déterminer l'entraînement du coin dans un sens ou dans l'autre ; deux contre-écrous assurent la fixité du système.

Les coussinets sont garnis de stries en antifriction.

Cette tête de bielle est remarquable par sa largeur : 0,137 m., qui a pu être obtenue parce qu'il n'y a qu'un seul cylindre à l'intérieur des longerons.

Petite tête à chape rapportée, d'un type usuel en Angleterre. Le coussinet arrière comporte un talon pénétrant dans une cavité pratiquée sur la face avant du corps de bielle. La chape est maintenue par un seul boulon passant dans des trous ovalisés pour permettre le serrage qui s'effectue avec une clavette agissant, non sur le coussinet lui-même, mais sur la chape.

Bielles pour cylindres extérieurs. — Les grosses têtes de ces bielles se font ouvertes ou fermées ; il est toujours nécessaire qu'elles soient ouvertes quand une contre-manivelle est montée sur le bouton moteur. La figure 504 (2) représente la disposition classique. La tête est formée par une cage dans laquelle sont placés deux coussinets dont l'un porte des joues sur tout son pourtour tandis que l'autre n'en est muni en haut et en bas que d'un seul côté, ce qui facilite le démontage. Le serrage s'opère au moyen d'une clavette à laquelle un petit boulon qui la traverse et qui peut venir serrer énergiquement la clavette sur une cale emprisonnée dans le cadre formant la tête, sert de frein.

Digitized by Google

La forme de la petite tête dépend surtout du type de crosse adopté. Celle qui est représentée sur la figure 504 (2) et qui comporte une clavette horizontale permet d'opérer facilement, du dehors, le rattrapage de jeu.

Bielle des locomotives à six roues accouplées et à bogie du Highland Railway (fig. 503). — La grosse tête est du type fermé et ne diffère pas matériellement du type précédent. Les joues des coussinets se prolongent vers l'avant du côté extérieur de manière à recouvrir complètement l'espace vide de la cage que traverse la clavette. Celle-ci est maintenue par deux vis traversant les branches supérieure et inférieure du cadre et par une goupille conique placée en dessous.

La petite tête est à fourche et embrasse la crosse; l'axe, à trois diamètres, est serré sur cône par un écrou extérieur; un ergot l'empêche de tourner.

Les formes de cette bielle ont été surtout étudiées en vue du finissage à la machine. Par exception, le corps est renflé au milieu comme dans les bielles d'accouplement.

Bielles des locomotives à grande vitesse de la Compagnie de l'Est (Mach. 801 à 840) (fig. 505). — Cette bielle est d'un type très répandu en France. La grosse tête se compose d'une fourche à l'intérieur de laquelle sont placés les deux coussinets qui portent des joues des deux côtés; ils sont entrés par l'arrière et serrés par une clavette, traversant les deux branches de la fourche, par l'intermédiaire d'une pièce plus large en acier ayant pour but d'augmenter la surface de contact avec le coussinet arrière, ainsi moins sujet à se mater. Cette pièce, percée de deux trous calibrés dans lesquels passent les branches de la fourche, sert aussi à maintenir l'écartement de ces dernières. La boîte du graisseur est mortaisée à l'intérieur d'un bossage venu de forge avec la bielle et placé à la partie supérieure, immédiatement au-dessus de la coupure des coussinets.

La petite tête est ronde et renferme une simple bague en bronze entrée à la presse et clavetée. Un petit graisseur à mèche est placé à l'arrière de cette tête, en un point où il est facilement accessible quand la bielle est montée dans la crosse.

Les coussinets sont en acier et garnis de métal blanc.

Tête de bielle motrice à fourche des locomotives à grande vitesse de la Compagnie d'Orléans (série 77 à 86) (fig. 509). — Même type que ci-dessus. Le maneton, bien qu'extérieur, est de grand diamètre (0,145 m.).

Bielle des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie du Nord (Mach. 2121-2157) (fig. 510). — Cette bielle est du même type que la précédente par rapport à laquelle elle n'offre que des différences de détail.

Digitized by Google

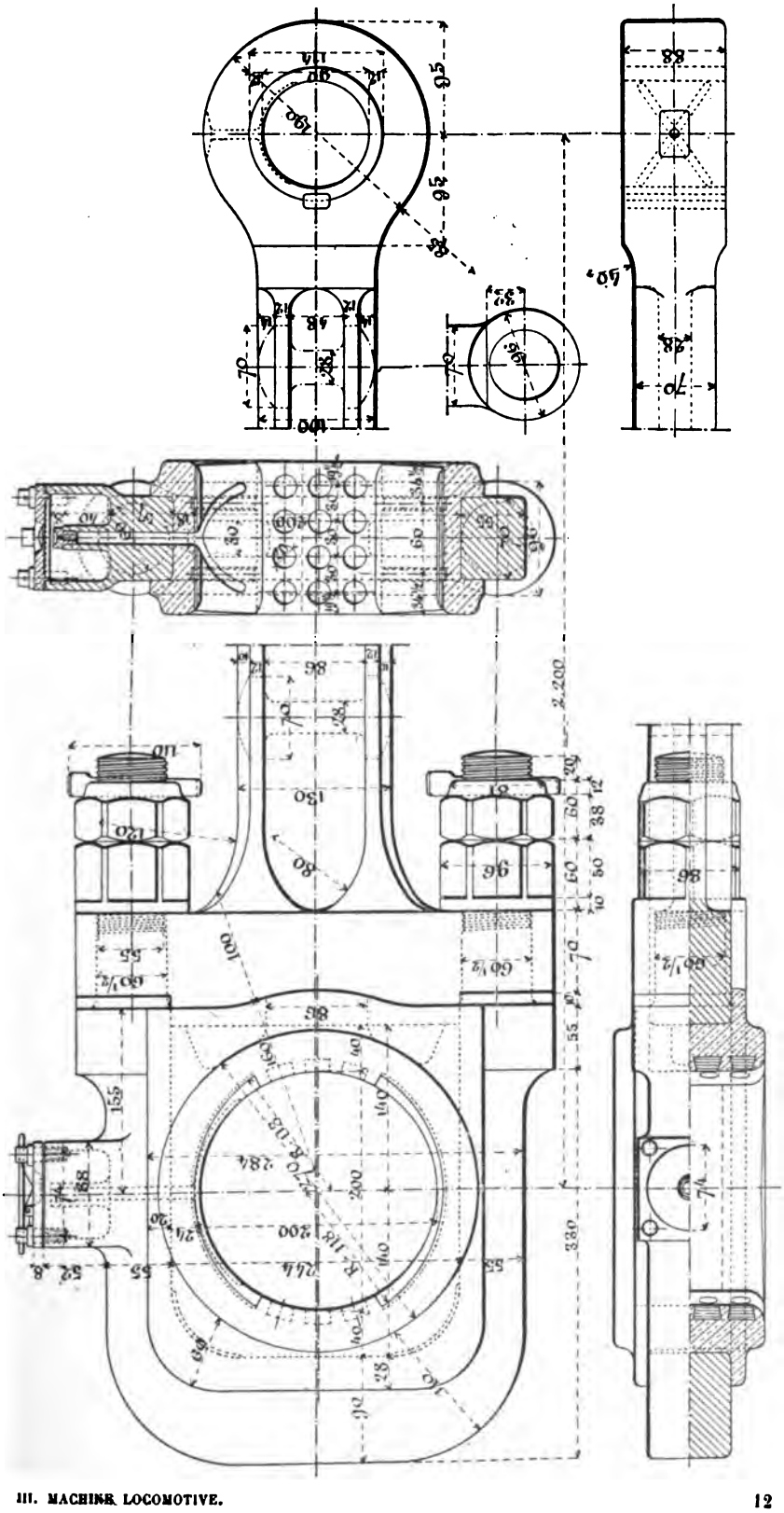


Fig. 521. — Bielle motrice (cylindres intérieurs) des locomotives à grande vitesse (série 963-990) des *Chemins de fer de l'Ouest.*

Digitized by Google

Bielle des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie de P.-L.-M. (Mach. C. 21-60) (fig. 506). — Cette bielle possède aussi une grosse tête à fourche, mais la fermeture de la cage et le réglage des coussinets sont obtenus par deux moyens différents. La tête est fermée sur l'arrière par une pièce en section à U maintenue par un boulon dont la section est représentée sur le plan-coupe. Il sert aussi à maintenir l'écartement des deux branches de la fourche. Le réglage des coussinets est effectué à l'aide d'un coin, placé à l'avant, que traverse une vis sur laquelle on agit par le moyen d'une tête à six pans placée au-dessus et dont on fixe la position au moyen de l'écrou et du contre-écrou situés au-dessous.

Graisseur sans mèche, coussinets en bronze garnis de macarons en régule. Petite tête ronde avec bague entrée à la presse et maintenue par une petite vis à mi-fer.

Tête de bielle des locomotives express à bogie de l'Etat prussien ; Direction de Cologne (fig. 507). — La fourche se ferme à l'arrière par une pièce en acier à redan que traverse un gros boulon maintenant l'écartement des branches. Le réglage s'effectue à l'aide d'un coin que traverse une vis et qui s'appuie, à l'arrière, sur la cale de fermeture. Coussinets antifrictionnés en plein sur la moitié de leur surface dans la portion qui travaille normalement. La petite tête est à cage fermée avec rattrapage de jeu par un coin à vis.

Graisseur autrichien à la grosse tête; graisseur à mèche à la petite.

Bielle des locomotives à grande vitesse du London and South Western Railway (fig. 508). — La fourche est fermée à l'arrière par une cale que traverse un gros boulon; le serrage est effectué par une clavette placée à l'avant et portant sur une cale en acier interposée entre elle et le coussinet pour que celui-ci n'ait pas de tendance à se couper. Comme dans presque toutes les têtes de bielles anglaises, les joues des coussinets sont très larges et recouvrent, à l'avant, le vide laissé dans la cage.

Petite tête ronde à bague comportant un simple trou de graissage.

256. Bielles d'accouplement. — Les bielles d'accouplement ont des têtes à réglage, analogues à celles des bielles motrices ou de simples têtes rondes à bague sans rattrapage de jeu. Le second de ces dispositifs a été appliqué en Angleterre il y a très longtemps déjà et y est vite devenu absolument général. La *Compagnie du Nord*, en France, l'a appliqué la première il y a une trentaine d'années, la *Compagnie de l'Ouest* en a généralisé l'application depuis 1881. Les Américains, depuis quelques années, ne font pour ainsi dire plus d'autres bielles.

257. Les corps de bielles d'accouplement, de section rectangulaire ou en I,

Digitized by Google

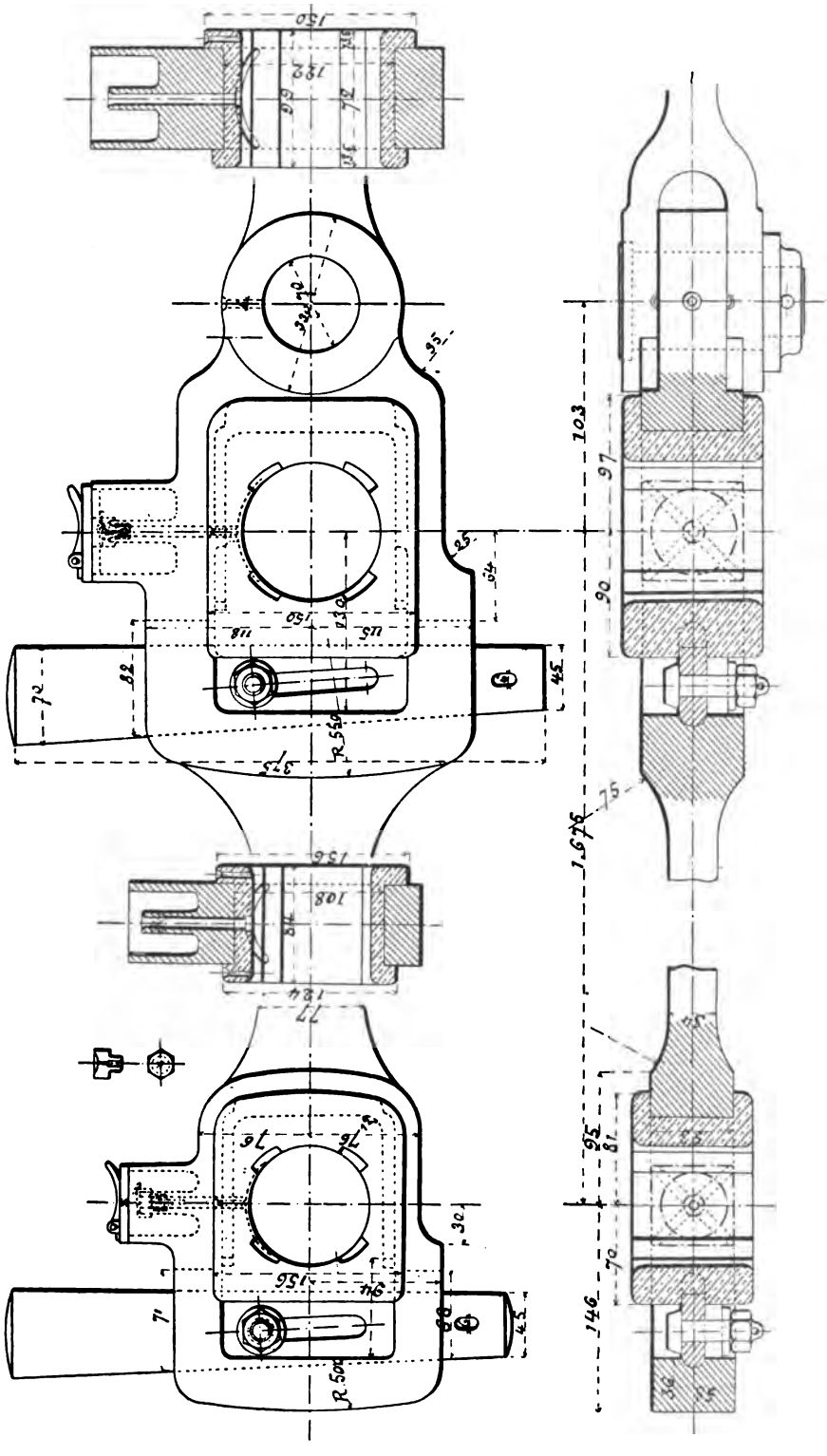


Fig. 522. — Bielle d'accouplement, arrière, des locomotives de banlieue (série 729 à 742) des *Chemins de fer de l'Est*.

Digitized by Google

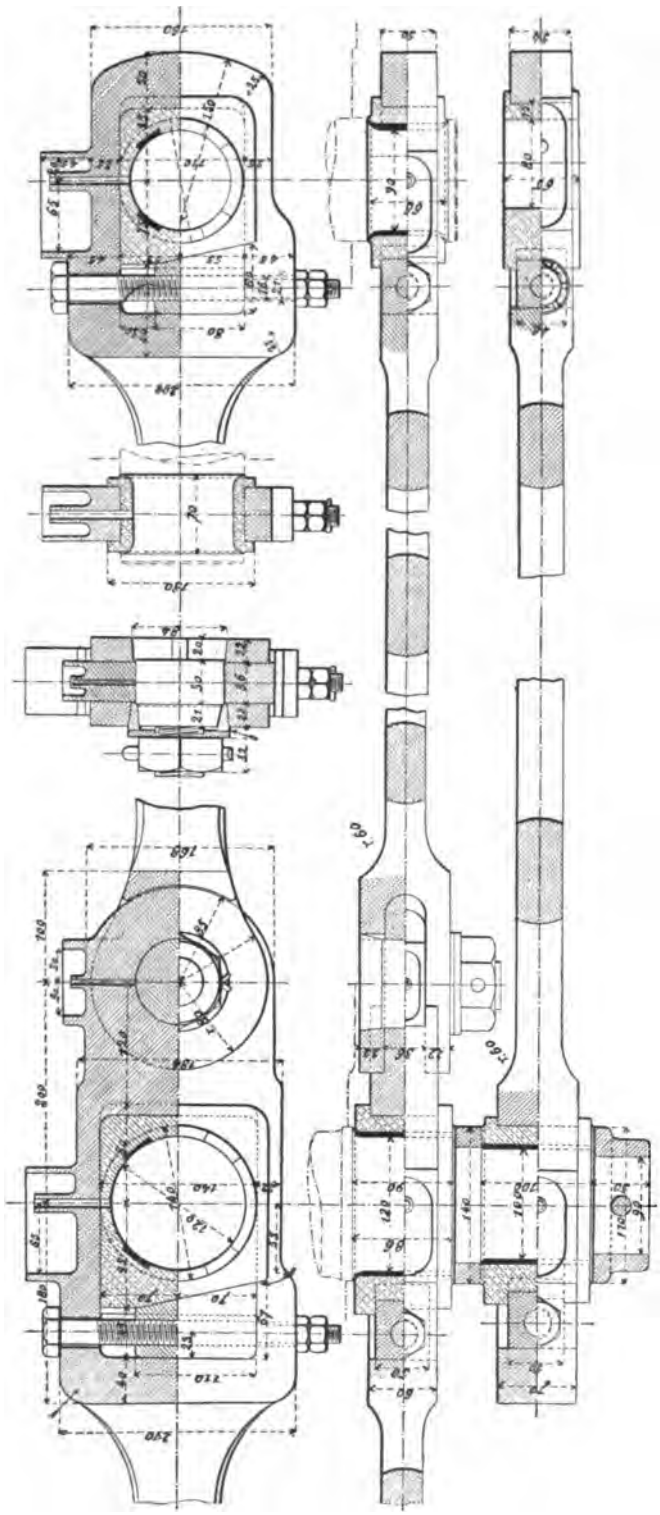


Fig. 523. — Bielles motrices et d'accouplement (cylindres extérieurs) des locomotives à marchandises, à six roues accouplées (type normal) de l'*État prussien*.

sont soumis à deux genres d'efforts : effort longitudinal alternatif de traction et de compression résultant de l'action des roues motrices entraînant les autres roues dans leur mouvement de rotation; effort transversal alternatif, exercé dans le plan d'oscillation de la bielle et dû à la force centrifuge. Lorsque la vitesse est considérable et que la bielle est lourde, le second de ces efforts, effort de flexion transversal, est plus grand que le premier. C'est ce qui s'oppose à l'allongement des bielles d'accouplement aux quelles, quand leur longueur est très grande, on est amené à donner une section considérable, entraînant elle-même un surcroît de poids et de fatigue, pour qu'elles puissent résister à cet effort. Pour les alléger, on leur donne ordinairement une forme se rapprochant de celle du solide d'égale résistance et on les renfle fortement au milieu (fig. 527, 532). Toutefois cette forme, très rationnelle

Digitized by Google

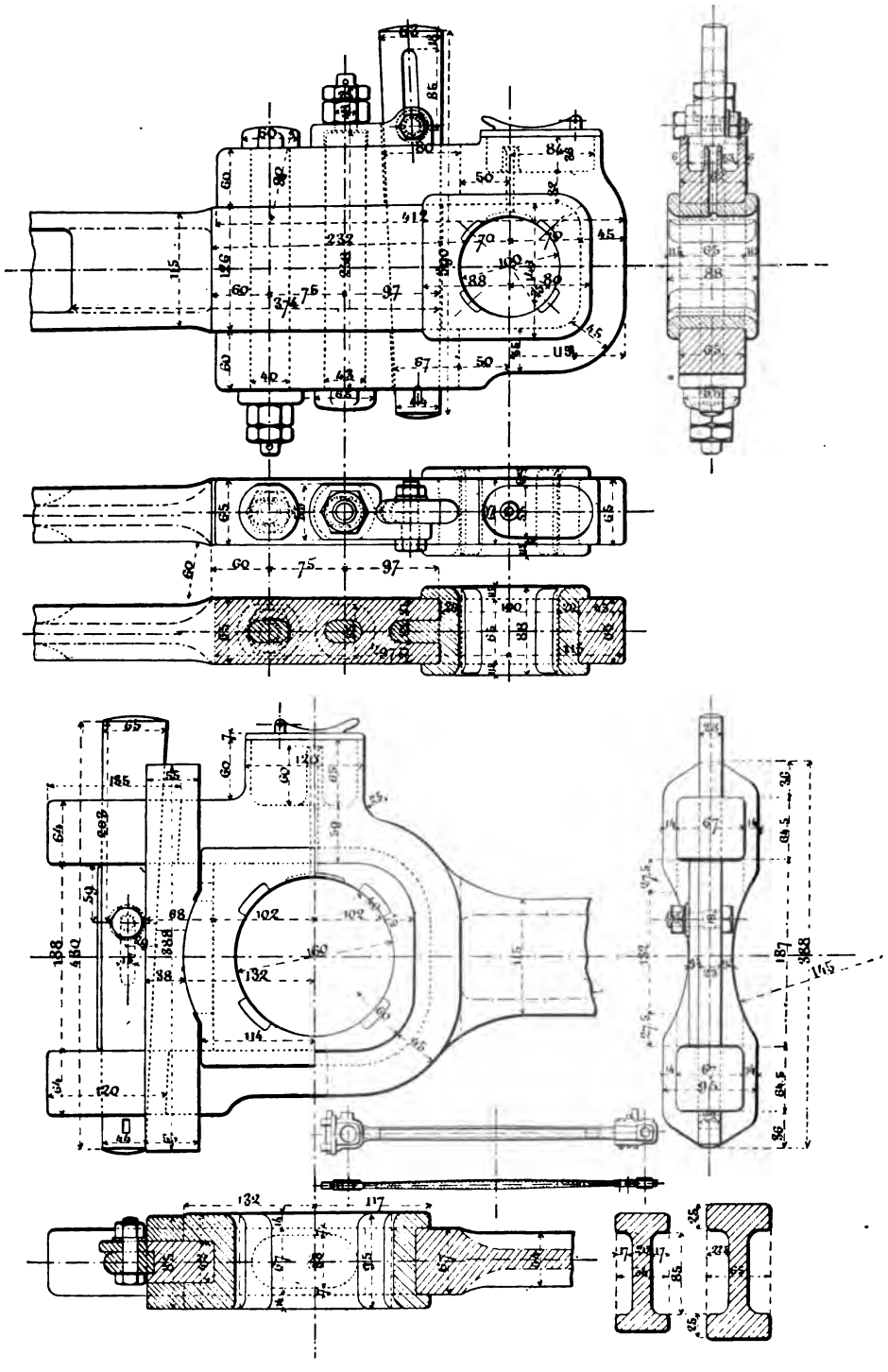


Fig. 524. — Têtes des bielles d'accouplement des locomotives à grande vitesse (série 800) des *Chemins de fer de l'Est*.

Digitized by Google

mais un peu complexe, entraîne quelques difficultés d'exécution dont se dispensent les constructeurs américains et anglais en donnant à la bielle, sur toute sa longueur, sa hauteur maximum, et en faisant les deux faces parallèles, ce qui permet de les terminer facilement à la machine (fig. 533 à 537). Ces bielles, qui se répandent aussi chez nous (*Nord*, Mach. 2121-2160) (fig. 526), sont de construction économique, mais un peu plus lourdes que les autres à moins de présenter les sections allégées, en I, des figures 526, 535 à 537.

La tendance, comme pour les bielles motrices, est d'accroître la hauteur des bielles et de leur donner une très faible épaisseur, leur section différant peu, comme proportions, de celle d'un fer à I; nous citerons comme exemple de ces dispositions nouvelles, les bielles de presque toutes les locomotives américaines (les ateliers de Schenectady ne leur donnent que 13 mm. d'épaisseur au milieu) et des récentes locomotives de la *Compagnie de l'Ouest* (épaisseur 16 mm.).

On trouvera ci-après quelques renseignements numériques relatifs à des bielles d'accouplement appartenant à des types récents de locomotives.

DIMENSION DES CORPS DE BIELLES D'ACCOUPLEMENT

Bielles à corps évidé.

DÉSIGNATION DES MACHINES	LONGUEUR entre axes.	HAUTEUR DES BIELLES		LARGEUR des ailes.	ÉPAISSEUR du corps.
		aux extrémités.	au milieu.		
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Compagnie de l'Ouest. Machines express à bogie, 963-990.	2,900	0,100	0,130	0,050	0,022
— Machines à 6 roues accouplées à bogie, 2301	2,800	0,120	0,150	0,070	0,016
	1,900	0,100	0,120	0,060	0,016
— Machines à 6 roues accouplées à bogie, 3701	2,560	0,110	0,140	0,070	0,016
	1,750	0,100	0,120	0,060	0,016
Compagnie du Nord. Machines compound express à 4 cylindres, 2121-2157.	3,000	0,100	0,180	0,055	0,015
Compagnie de l'Est. Machines express à bogie, type 800.	3,000	0,115	0,135	0,054	0,020
Compagnie de P.-L.-M. Machines compound express à 4 cylindres, C. 21-60.	2,700	0,080	0,120	0,080	0,020
Compagnie de Paris à Orléans. M. 103 . .	2,210	0,120	0,150	0,060	0,025
North Eastern Ry. Machines express à bogie, type Q_1.	2,819	0,121	0,121	0,057	0,019
Caledonian Ry. Machines express à bogie, type Dunalastair	2,743	0,121	0,121	0,057	0,018
New York, New Haven and Hartford. Machine express à bogie.	2,592	0,133	0,133	0,076	0,013
— Machine à 6 roues accouplées, Mogul.	2,096	0,127	0,127	0,057	0,013
	2,286	0,127	0,127	0,057	0,013

258. Têtes de bielles d'accouplement. — Le réglage des bielles d'accouplement doit être effectué avec le plus grand soin, car il est nécessaire qu'elles

Digitized by Google

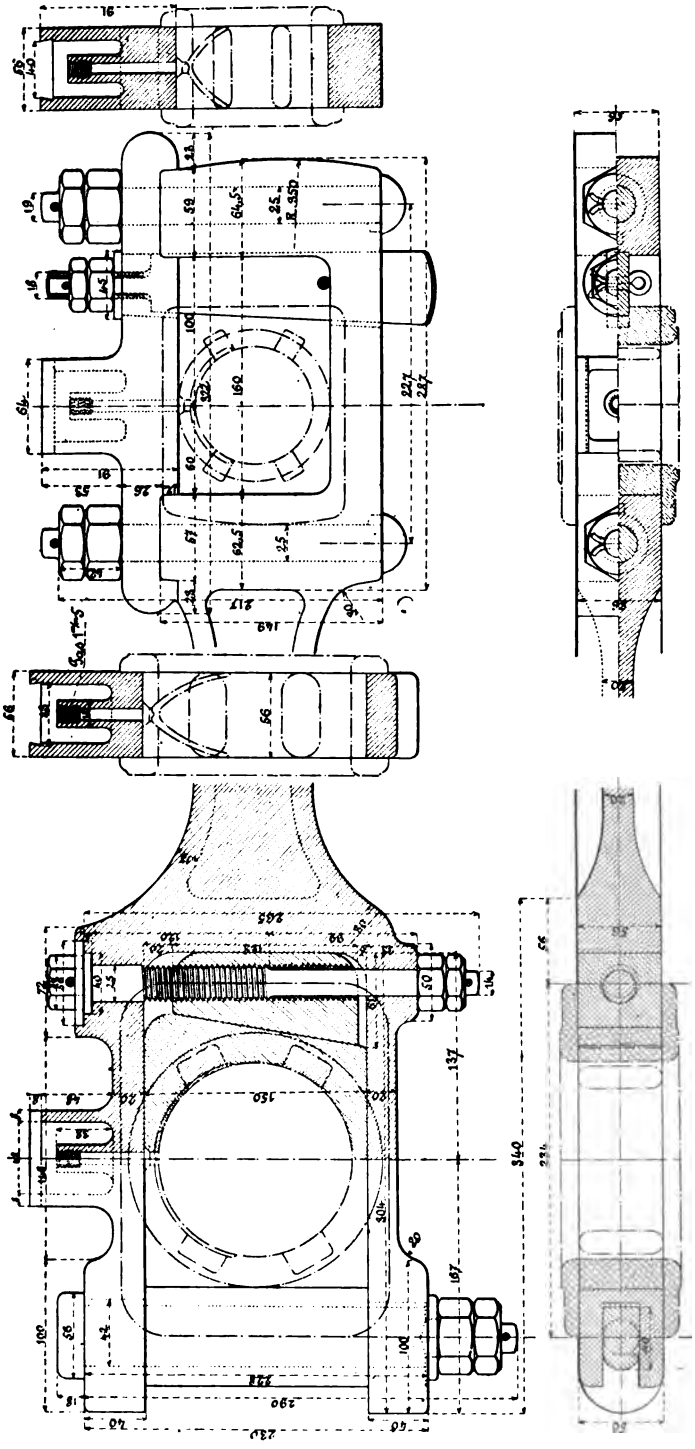


Fig. 525. — Bielle d'accouplement des locomotives compound à grande vitesse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

aient, de chaque côté de la machine, une longueur égale et identique à l'entraxe

Digitized by Google

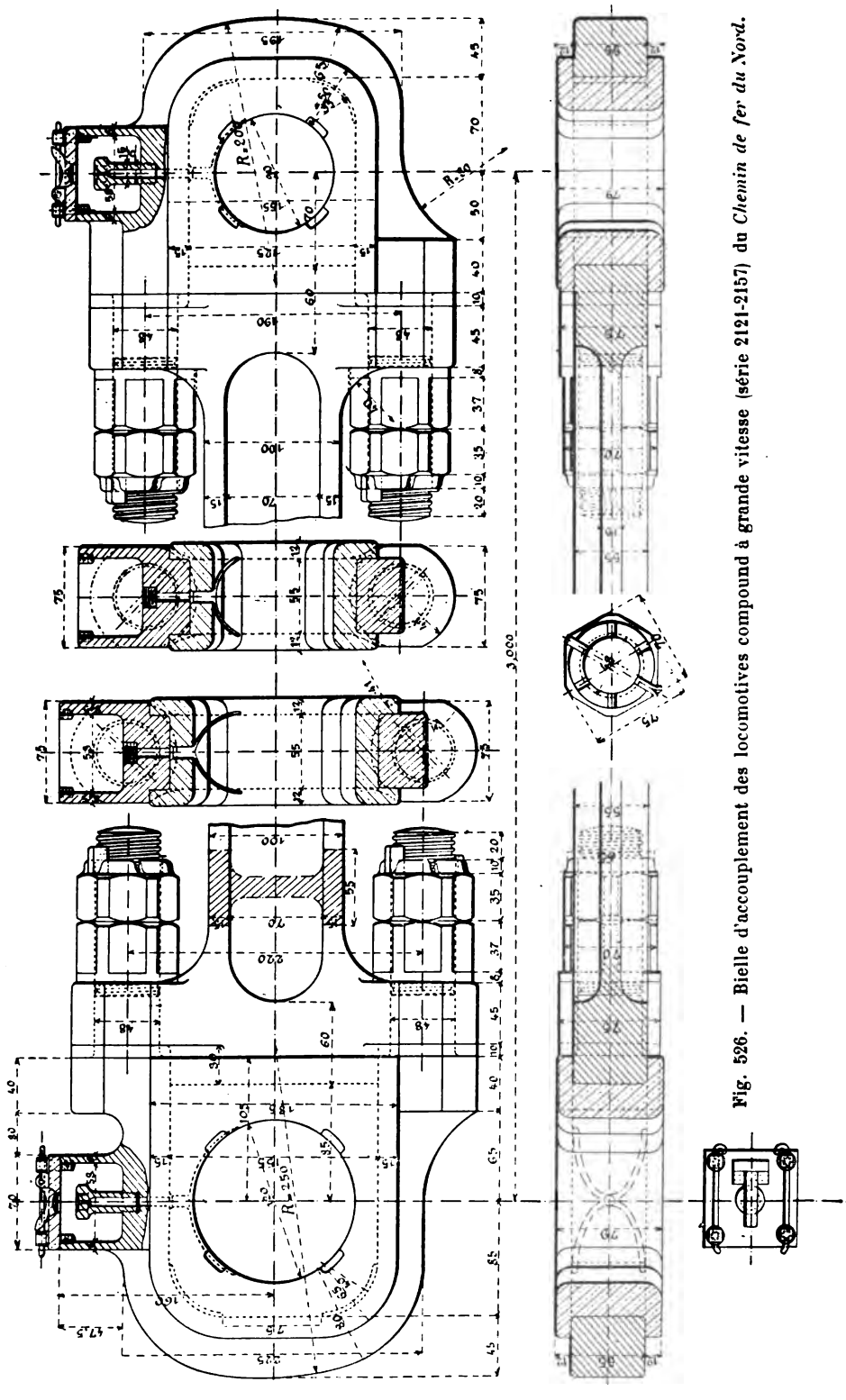


Fig. 526. — Bielle d'accouplement des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

Digitized by Google

des essieux qu'elles sont chargées de conjuguer. Or, lorsque les bielles ont des têtes à rattrapage de jeu, on peut craindre que les mécaniciens ou les ouvriers des dépôts, en opérant un serrage intempestif, ne viennent à dérégler ces bielles, ce qui bride la machine, occasionne des chocs et une allure très dure tout en diminuant l'utilisation mécanique. Si l'on constitue les têtes par un simple renflement arrondi percé d'un trou dans lequel passe le tourillon d'accouplement, on obtiendra une bielle dont la longueur ne pourra être modifiée. Toutefois, l'usure des parois du trou percé dans les têtes entraînerait rapidement la mise hors de service des bielles; en outre, le frottement de fer sur fer ou acier sur acier ne serait pas satisfaisant. Aussi garnit-on les têtes de bielles rondes de bagues, généralement en bronze et parfois antifrictionnées, entrées à force et parfois maintenues au moyen de vis ou de goupilles et que l'on remplace à peu de frais quand l'usure est devenue trop grande. D'ailleurs il n'est pas mauvais qu'il existe un peu de jeu aux têtes de bielles d'accouplement, ce jeu, quand il n'est pas excessif, donne de l'aisance à la machine et facilite le passage en courbes.

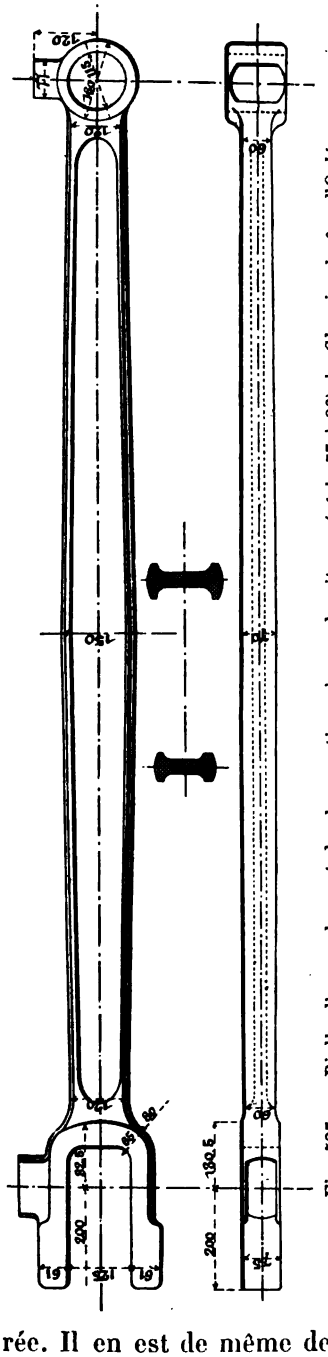


Fig. 527. — Bielle d'accouplement des locomotives à grande vitesse (série 77 à 86) du *Chemin de fer d'Orléans*.

Comme corollaire de l'emploi des bielles à têtes rondes, on doit recommander la suppression des coins de rattrapage aux glissières des plaques de garde. De la sorte une machine bien réglée à l'atelier ne peut être déréglée dans les dépôts.

L'emploi de ces têtes de bielles est limité aux locomotives qui ont la distribution à l'intérieur des longerons; si l'essieu moteur porte une contre-manivelle, il faut nécessairement que la tête de bielle d'accouplement qui se monte sur le tourillon correspondant soit démontable afin d'être mise en place et retirée. Il en est de même des têtes de bielles d'accouplement des roues avant dans les locomotives à cylindres extérieurs dont les manetons se trouvent derrière les glissières, les bielles ne pouvant plus se démonter ou se monter

Digitized by Google

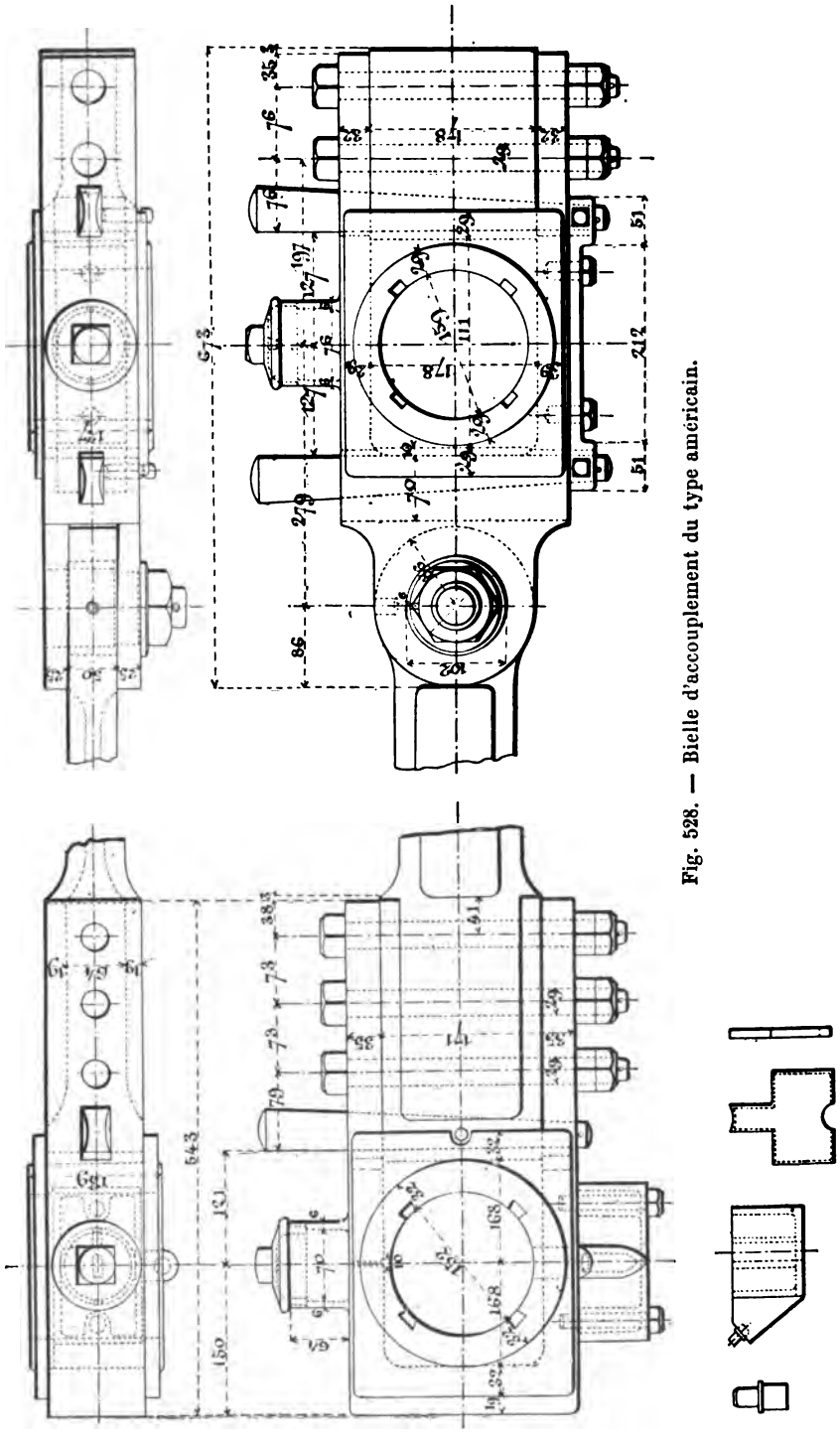


Fig. 528. — Bielle d'accouplement du type américain.

par le côté, mais seulement dans le plan vertical de leur oscillation. D'ordinaire, quand on fait des têtes démontables on leur applique des coussinets et

Digitized by Google

un réglage, pourtant la *Compagnie du Nord* possède beaucoup de locomotives dont les têtes de bielles d'accouplement sont démontables, sans réglage, c'est un dispositif introduit, croyons-nous, par la *Société alsacienne*. Quand une des têtes des bielles d'accouplement est démontable et à réglage, on juge souvent nécessaire de donner aux autres têtes la même disposition afin de pouvoir compenser les modifications apportées au réglage lors d'un démontage par le serrage plus ou moins grand des clavettes ou des coins. Cependant, les constructeurs américains, quand ils sont conduits à mettre une tête démontable sur le tourillon d'accouplement de l'essieu moteur, n'en placent pas toujours aux autres extrémités des bielles qu'ils font rondes et à bagues. Il en a été de même sur les nouvelles locomotives express de l'*Orléans* (fig. 527).

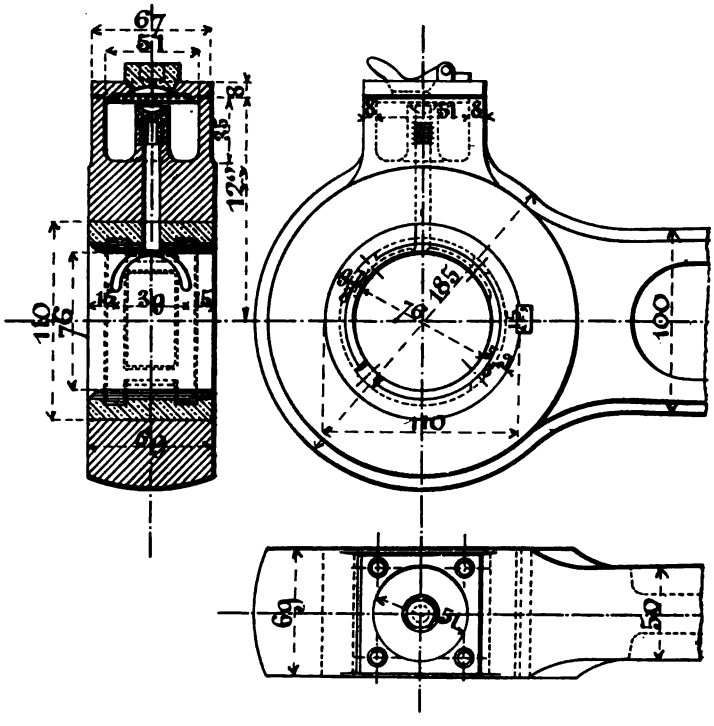


Fig. 529. — Type de tête de bielle d'accouplement à bague (*Ouest*).

Les têtes de bielles d'accouplement à rattrapage de jeu n'appartiennent à aucun type spécial; elles sont le plus souvent à cage fermée, mais on emploie aussi des bielles à *chapes* — aux Etats-Unis surtout — à *palier* et à *étrier;* nous en verrons plusieurs exemples. On doit avoir soin, quand on étudie ces têtes, de placer les clavettes ou coins de serrage du même côté des différents tourillons afin que l'on ne raccourcisse pas les bielles en rattrapant les jeux. Les coussinets doivent toujours être serrés à bloc.

Quand on accouple plus de deux essieux, on ne peut employer, de chaque côté, une bielle entièrement rigide. Les déplacements verticaux des essieux dans les plaques de garde, sous l'action des inégalités de la voie, feraient casser ces bielles. On doit employer, pour chaque côté de la machine, un nombre de bielles indépendantes égal au nombre des essieux moins un. On peut les monter séparément, côte à côte sur les mêmes tourillons, mais on préfère presque toujours les articuler autour d'un axe spécial, placé en avant ou en

Digitized by Google

arrière du tourillon d'accouplement correspondant, et ajusté avec clavette dans la fourche d'une des deux bielles (fig. 521 et suiv.). L'articulation qui vient sur cet axe est presque toujours sans rattrapage de jeu et comporte une tête ronde à bague. Dans quelques grosses machines à huit roues accouplées cependant, la tête de l'articulation se fait démontable avec coussinets et clavettes ou coins de réglage, mais cette disposition entraîne un fort excédent de poids et on l'abandonne.

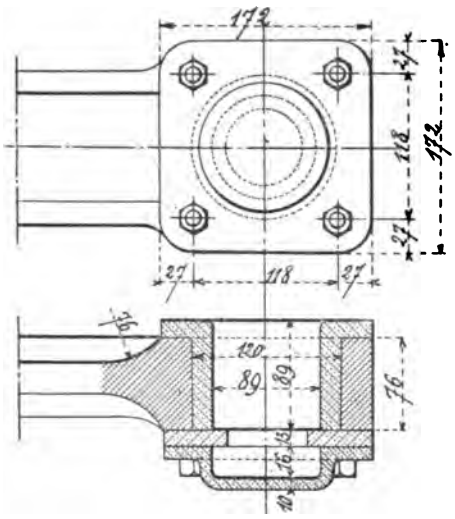


Fig. 530. — Tête de bielle d'accouplement, d'un type américain.

Si l'un des essieux accouplés possède un certain jeu latéral, comme c'est le cas pour les essieux avant et quelquefois arrière, dans beaucoup de locomotives à huit roues accouplées, on donne une forme légèrement sphérique aux boutons d'articulation de la bielle d'accouplement correspondante avec un faible jeu transversal, ce qui lui permet, sans coincements, de prendre une certaine obliquité, pour suivre le déplacement de l'essieu.

259. Examen de quelques types de bielles d'accouplement. — On trouvera ci-dessous quelques exemples de bielles d'accouplement capables de fixer les idées sur la pratique moderne.

Bielles a têtes démontables. — Nous examinerons d'abord les bielles dont les têtes sont démontables. Dans plusieurs d'entre elles on n'a pas prévu de rattrapage de jeu, mais celui-ci est toujours facile à réaliser soit en grattant les surfaces au contact des coussinets, soit en interposant des cales d'épaisseur variable.

Bielles d'accouplement des locomotives de banlieue de la Compagnie de l'Est (Mach. 729-742) (fig. 522). — Ces bielles appartiennent au type classique. Les corps sont à section rectangulaire pleine. Les têtes sont à cage fermée avec serrage par des clavettes à frein placées toutes dans le même sens, vers l'arrière. Les coussinets sont en bronze antifrictionné. Les graisseurs, sans mèches, sont contenus à l'intérieur de godets venus de forge avec les têtes.

Bielles d'accouplement des locomotives à marchandises de l'Etat prussien, du type normal (fig. 523). — Elles ne diffèrent guère des précédentes que par le

Digitized by Google

remplacement des clavettes par des coins commandés par des vis qui les tra-

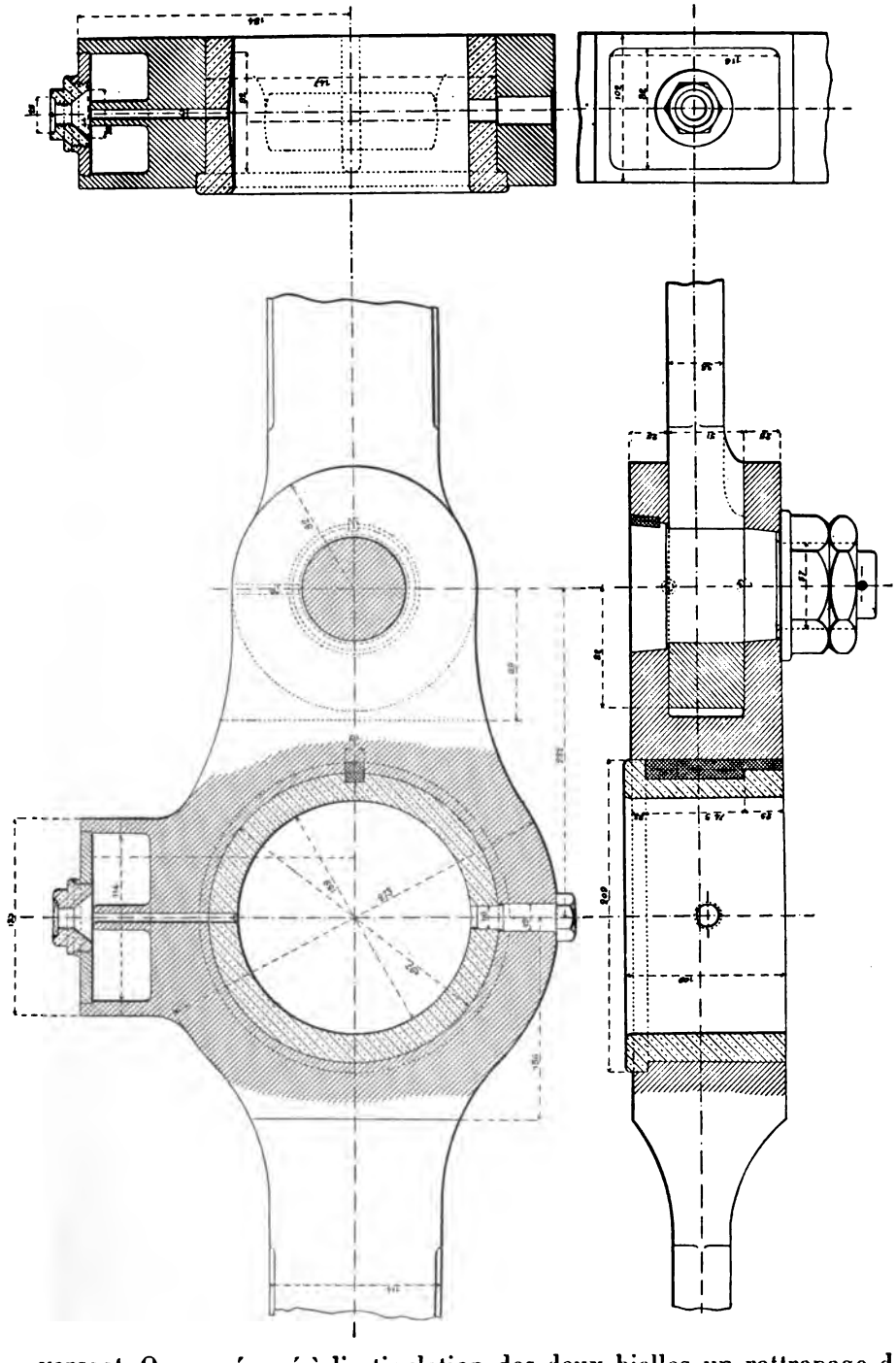


Fig. 531. — Tête milieu des bielles d'accouplement des locomotives à six roues accouplées du *Highland Railway*. Les boutons ont un grand diamètre afin de diminuer l'usure.

versent. On a ménagé à l'articulation des deux bielles un rattrapage de jeu qui se fait sur cône.

Digitized by Google

Bielles d'accouplement des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie P.-L.-M. (*C.*-21-60) (fig. 525). — La tête arrière est montée sur le maneton moteur faisant partie d'une contre-manivelle. Elle est à fourche et d'un type analogue à la tête de bielle motrice de la même machine décrite plus haut. La fourche est fermée sur l'arrière par une cale que traverse un boulon. Le rattrapage de jeu se fait sur l'avant à l'aide d'un coin à vis.

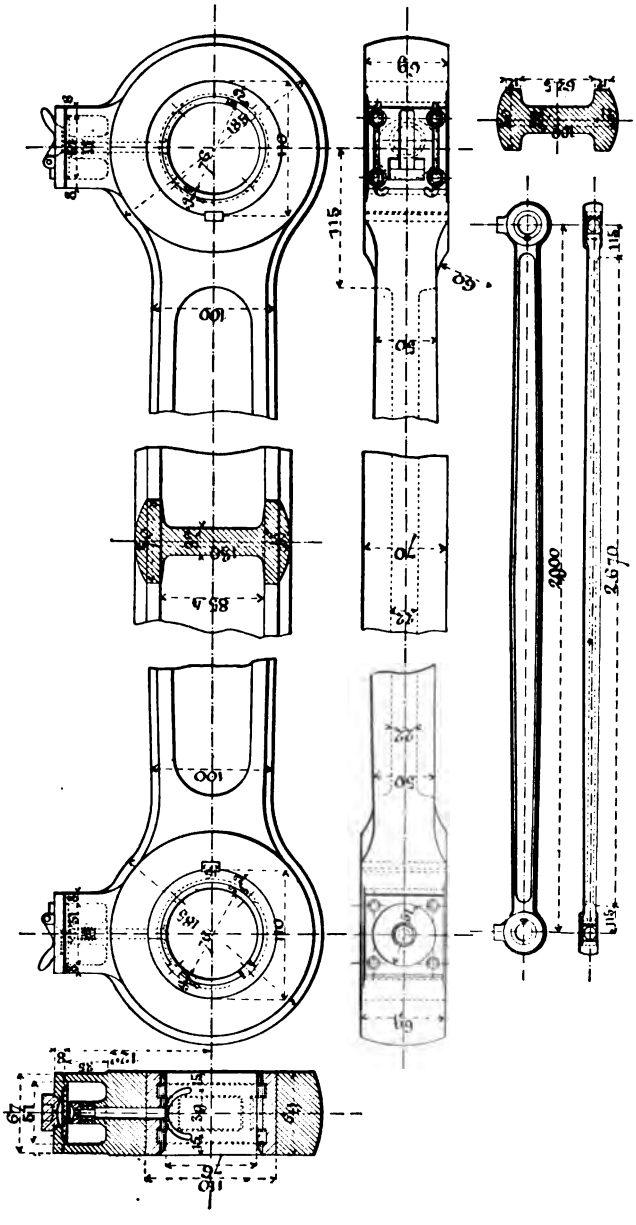


Fig. 532. — Bielle d'accouplement des locomotives à grande vitesse (série 963-990) des *Chemins de fer de l'Ouest.*

La tête avant, qui se monte sur un maneton de diamètre plus faible, est d'un système différent; la cage est ouverte par le haut, de telle sorte qu'une fois son chapeau démonté on peut, après avoir fait tourner la bielle d'un angle très faible, juste suffisant pour la dégager du maneton d'accouplement, la sortir en la tirant sur l'avant sans faire tourner les roues (on ne peut démonter cette bielle par le côté à cause des glissières qui passent devant les roues accouplées), manœuvre qui ne serait pas possible si les deux têtes étaient à fourches et semblables. La petite tête est fermée en haut par un chapeau en acier assemblé avec double encastrement destiné à assurer la rectitude du montage et à éviter tout travail de cisaillement aux boulons verticaux qui maintiennent ce chapeau. Le réglage s'effectue à l'aide d'une clavette placée à l'avant sur laquelle on agit par un écrou qui se visse sur une partie filetée terminant cette clavette en haut à sa partie supérieure.

Digitized by Google

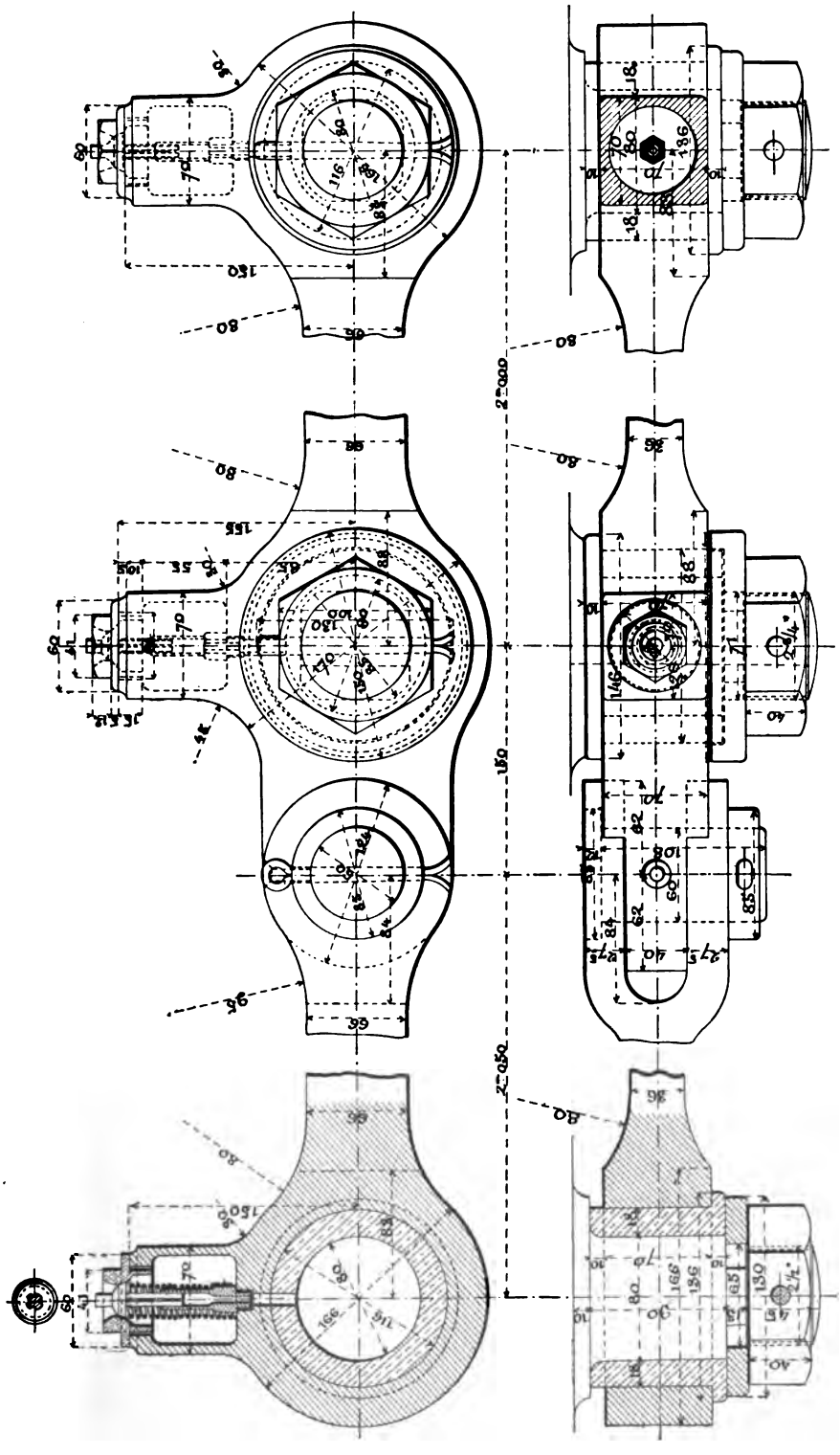


Fig. 533. — Bielle d'accouplement des locomotives à six roues accouplées (type 25) de l'*État belge*.

Digitized by Google

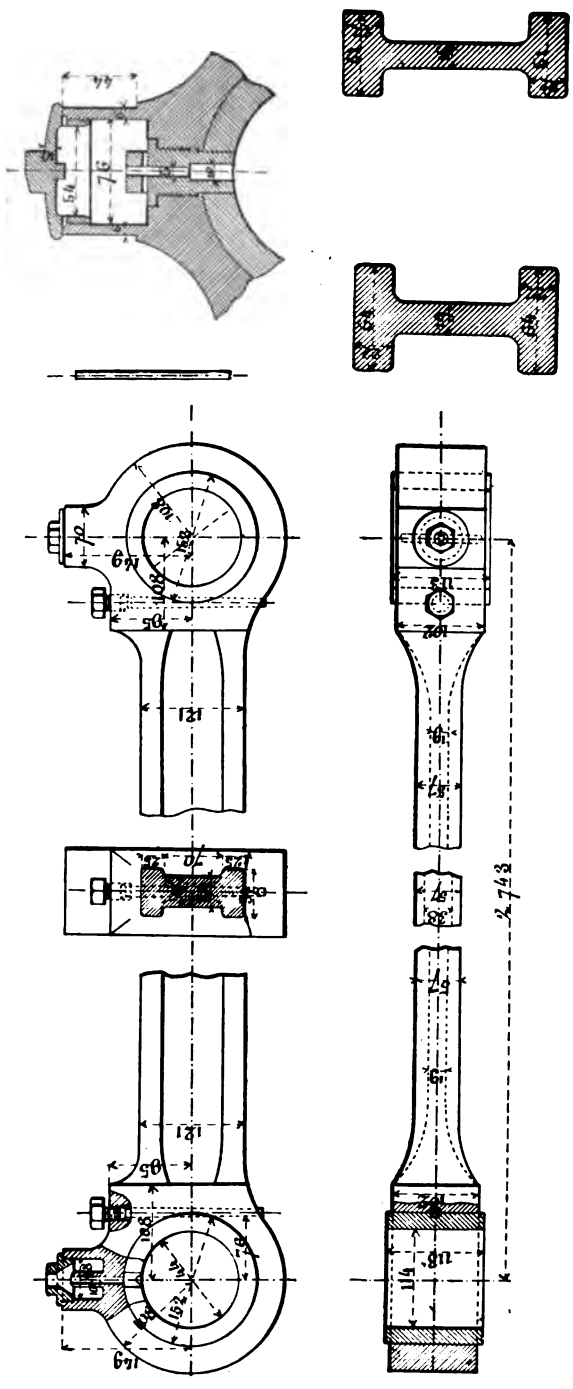


Fig. 534. — Bielle d'accouplement des locomotives à grande vitesse (type « *Dunalastair* », de 1896) du *Caledonian Railway*.

Le corps de cette bielle, étudiée en vue de présenter une grande légèreté, est évidé et fortement renflé au milieu.

Bielle d'accouplement des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie du Nord (2 121-2157) (fig. 526). — Le corps de la bielle, très léger, est évidé et, pour faciliter le travail et l'outil, présente la même hauteur sur toute sa longueur ; il se termine des deux côtés par une embase verticale sur laquelle viennent s'ajuster les coussinets que maintiennent des étriers semblables à ceux que nous avons examinés à propos des bielles motrices. La rigidité transversale des têtes est assurée par un encastrement de talons ménagés sur les embases du corps et pénétrant à l'intérieur des coussinets voisins.

En démontant les étriers on peut retirer la bielle par-dessous sans faire tourner les roues. Comme dans la machine précédente, la présence des glissières devant les roues accouplées ne permet pas d'effectuer ce démontage par le côté.

Digitized by Google

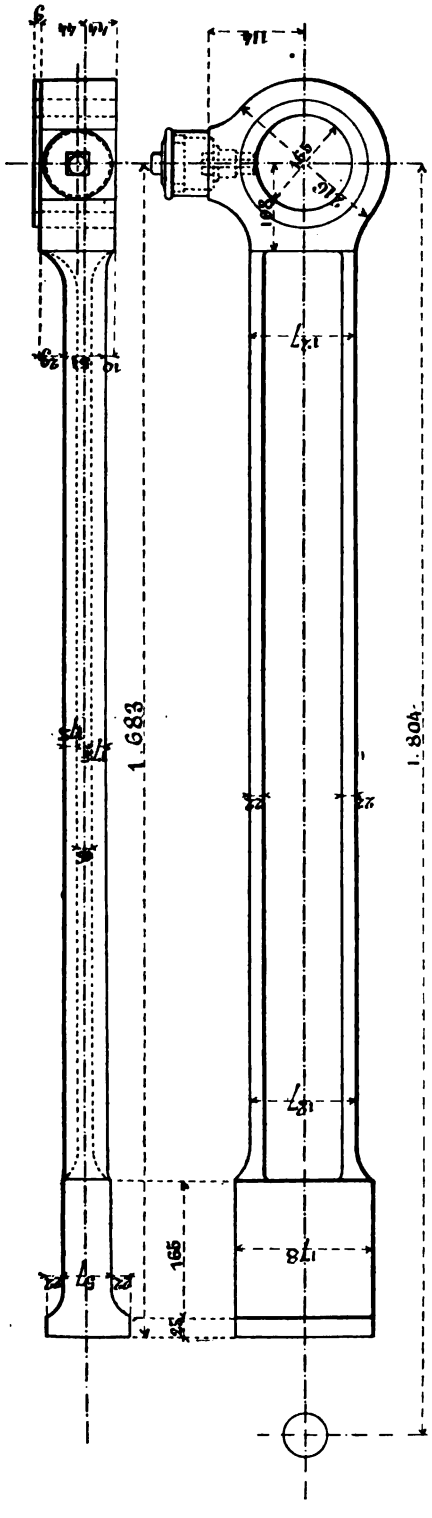


Fig. 535. — Type de bielle d'accouplement américain.

Bielles d'accouplement des locomotives à grande vitesse de la Compagnie de l'Est (Mach. 801-840) (fig. 524). — La disposition des roues et des glissières est la même que dans les deux machines précédentes, le problème relatif au démontage des bielles sans faire tourner les roues a été résolu d'une manière un peu différente. La tête arrière, qui se monte sur un maneton formant le prolongement du tourillon moteur, est à fourche avec serrage des coussinets par une clavette et une frette — disposition semblable à celle de la tête des bielles motrices de la même locomotive examinée plus haut; — la tête avant est à chape rapportée tenue par deux boulons avec serrage des coussinets au moyen d'une clavette à frein. Un de ces boulons sert de fixation au frein de la clavette. Une fois la chape démontée, la bielle se retire par l'avant.

Disposition américaine. — La figure 528 représente la disposition classique aux États-Unis mais qui disparaît peu à peu pour faire place aux bielles à têtes rondes. Les têtes sont à chapes rapportées, tenues par deux ou trois boulons verticaux et rectilignes sur toutes leurs faces de manière qu'elles puissent facilement se terminer à la machine. Le réglage est effectué au moyen de très petites clavettes goupillées. La tête du milieu comporte un rattrapage de jeu dans les deux sens.

Digitized by Google

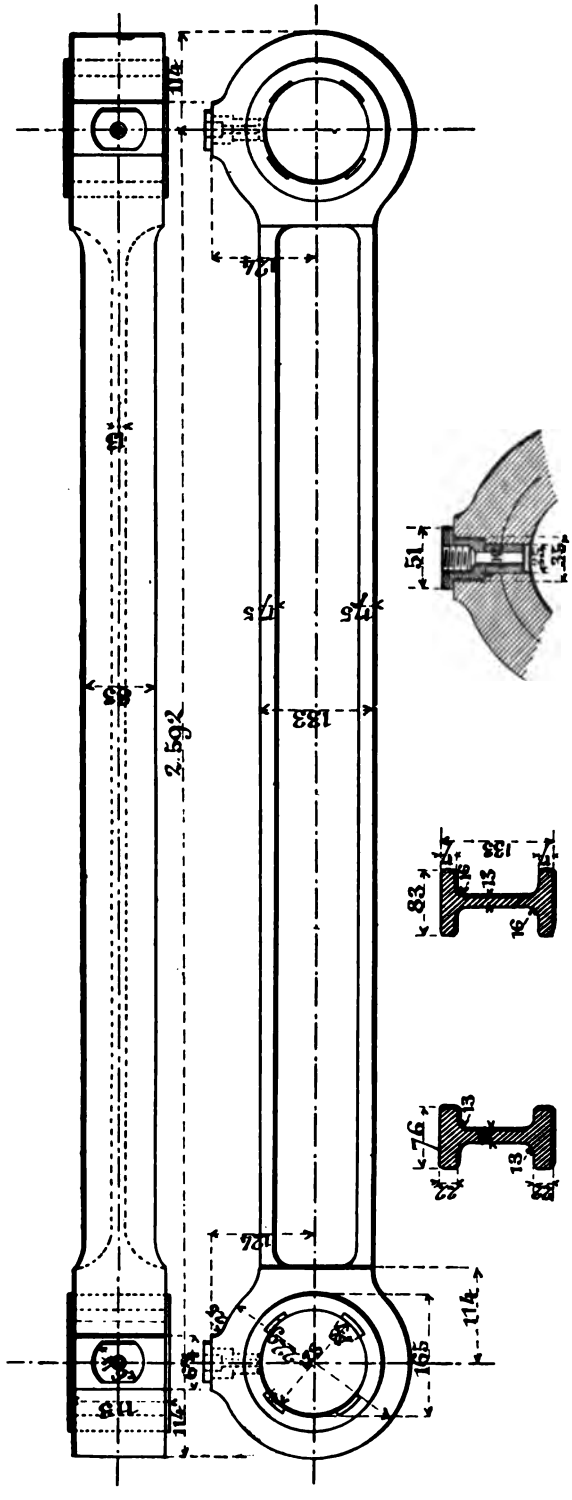


Fig. 536. — Bielle d'accouplement très évidée, à têtes rondes, du type américain (*N. Y. N. H. and H. RR.*; Schenectady Locomotive Works).

En plus des graisseurs ordinaires, les têtes extrêmes comportent chacune un graisseur à siphon en bronze, rapporté à la partie inférieure de la chape.

Les corps de ces bielles sont évidés et rectilignes, sans renflements.

BIELLES A TÊTES RONDES SANS RATTRAPAGE DE JEU. — Ces bielles présentent peu de variétés ; nous en verrons pourtant quelques exemples.

Bielles des locomotives à grande vitesse de la Compagnie de l'Ouest (Mach. 963-990) (fig. 532). — Le corps de la bielle est renflé au milieu et évidé. Les deux têtes, surmontées des graisseurs sans mèches venus de forge avec elles, renferment chacune une bague en bronze régulée en plein qui est entrée par pression et maintenue par une petite clavette.

Bielles des locomotives à marchandises des chemins de fer de l'Etat belge (fig. 533). — Les corps de ces bielles, qui ne sont pas évidés, sont légèrement renflés et, en tout cas, de faible hauteur. Les bagues, entrées à la presse, ne sont pas comme dans l'exemple précédent, affleurées au ras des têtes ; elles possèdent, vers le dehors, une joue circulaire sur

Digitized by Google

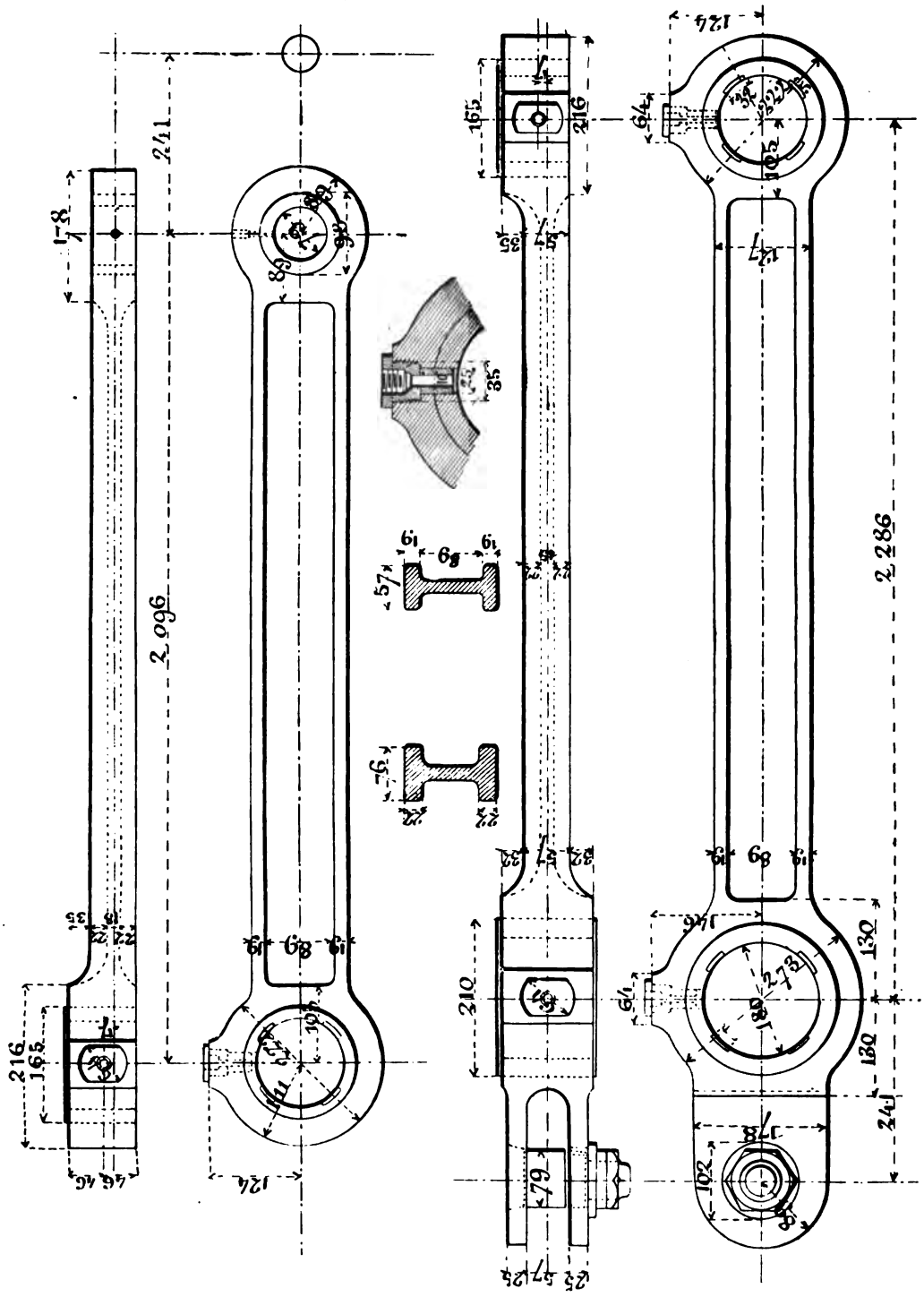


Fig. 537. — Bielles d'accouplement des locomotives du type Mogul du *N. Y. N. H. a. H. RR.* (Schenectady).

laquelle se fait le portage de la rondelle maintenue par un écrou, qui ferme le maneton sur le côté.

Digitized by Google

Bielles d'accouplement des locomotives à grande vitesse du Caledonian Railway (*Type Dunalastair*) (fig. 534). — Ces bielles appartiennent à un type très répandu en Angleterre et en Ecosse. Le corps de la bielle, évidé, pour faciliter le travail à l'outil n'est pas renflé.

Les bagues en bronze des têtes sont maintenues chacune par une forte goupille verticale à mi-fer dont la partie supérieure filetée et munie, au dehors, d'une tête à six pans, se visse dans la tête.

Bielles d'accouplement des locomotives à grande vitesse du New York, New Haven and Hartford Railroad (fig. 536). — Ces bielles, du modèle des ateliers de *Schenectady*, nous fourniront un exemple typique de la pratique usuelle américaine. Le corps est très haut et mince, fortement évidé, sans renflement ; l'épaisseur de l'âme n'est que de 13 mm. pour une locomotive des plus puissantes dont chacun des essieux accouplés porte près de 19 t. Les bagues en bronze sont entrées à la presse et maintenues par un petit téton qui pénètre à leur intérieur et prolonge vers le bas l'embase du godet graisseur qui est en bronze et rapporté.

Bielles des locomotives à six roues accouplées (*type Mogul*) *du New York, New Haven and Hartford Railroad* (fig. 535). — Ces bielles, provenant du même constructeur que les précédentes, offrent une disposition identique. Pour diminuer le porte à faux des manetons d'accouplement avant et arrière, on a rentré les têtes vers l'intérieur. C'est là une bonne disposition que l'on peut recommander.

Têtes de bielles d'accouplement des locomotives à six roues accouplées et à bogie du Highland Railway. — Nous avons dit plus haut que la Compagnie du *Highland* employait, pour toutes ses locomotives, des manetons d'accouplement d'un diamètre beaucoup plus grand qu'il est d'usage, afin de réduire l'usure des têtes de bielles. On trouvera figure 531 la tête centrale des bielles d'accouplement de ses plus puissantes machines.

260. Manetons d'accouplement. — Quand les longerons sont intérieurs aux roues, l'accouplement se fait à l'aide de manetons, en fer cémenté et trempé ou en acier, calés sur des bossages venus de forge ou de fonte avec les moyeux sur lesquels se montent les têtes des bielles d'accouplement. Si la distribution est extérieure, les manetons de l'essieu moteur portent extérieurement une contre-manivelle servant de support aux excentriques. Comme les bielles d'accouplement, nous l'avons dit ailleurs, doivent se monter en dehors des bielles motrices afin de réduire au minimum l'entraxe des cylindres, les manetons des essieux accouplés doivent être déportés d'une quantité nécessaire pour ramener l'axe de leur tourillon dans le plan de la bielle

Digitized by Google

d'accouplement. Le maneton est alors constitué par une partie extérieure tronconique, renforcée, se terminant au dehors par la partie formant tourillon.

Les manetons sont entrés à la presse dans les bossages des roues, alésés à un diamètre un peu inférieur au leur. Par précaution, certains constructeurs pratiquent, du côté intérieur, une fraisure sur le trou recevant le maneton dans laquelle l'extrémité de celui-ci est rivée à froid. La portion qui se trouve encastrée dans la roue a souvent un diamètre un peu supérieur à celui du tourillon qui s'applique parfois sur la face externe de la roue par un collet à demi ou entièrement noyé, qui lui est rattaché par des congés de petit rayon. Quand la tête de bielle est démontable et comporte un réglage, le maneton se termine au dehors par un petit collet venu de forge qui sert à maintenir la bielle en place (fig. 538). Avec les bielles à têtes rondes, un semblable dispositif n'est pas possible, car il ne permettrait pas leur montage. On le remplace alors par une rondelle rapportée ou faisant partie d'un gros écrou qui se visse sur une partie filetée, de plus petit diamètre, pratiquée sur un prolongement du tourillon (fig. 539) ; cette rondelle vient buter contre le bout du maneton proprement dit et on serre l'écrou à bloc ; une goupille qui le traverse prévient le desserrage. A la rigueur, on peut se dispenser du filetage, comme le font les constructeurs anglais et américains ; la rondelle fait alors simplement partie d'un petit manchon ajusté sur le téton du maneton et on maintient le tout par une forte goupille ou une clavette.

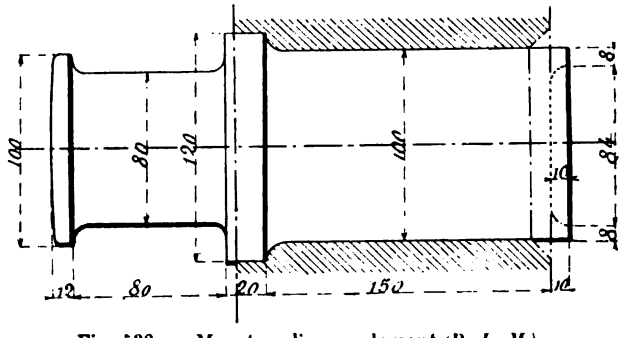


Fig. 538. — Maneton d'accouplement (*P.-L.-M.*).

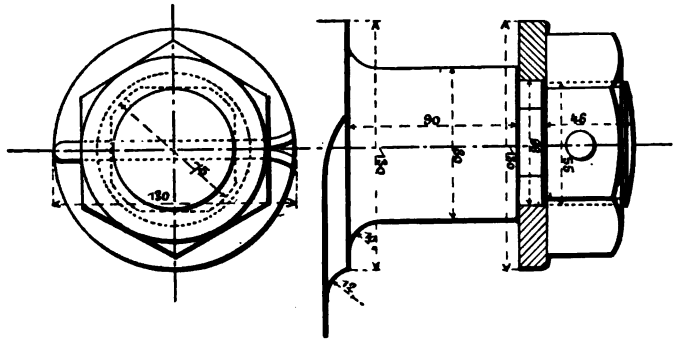


Fig. 539. — Type de bouton d'accouplement pour bielles à têtes rondes (*État belge*).

Dans les machines modernes, les tourillons des manetons des roues accouplées ont de 80 à 100 mm. de diamètre et de longueur.

Dans les locomotives à quatre roues accouplées et à cylindres intérieurs

Digitized by Google

ou dans celles qui, ayant la distribution à l'intérieur, ne comportent pas de contre-manivelles, le diamètre des manetons des deux paires de roues sont identiques. S'il y a une contre-manivelle (fig. 541), on grossit généralement, afin qu'il soit assez robuste pour résister au surcroît de fatigue qui lui est

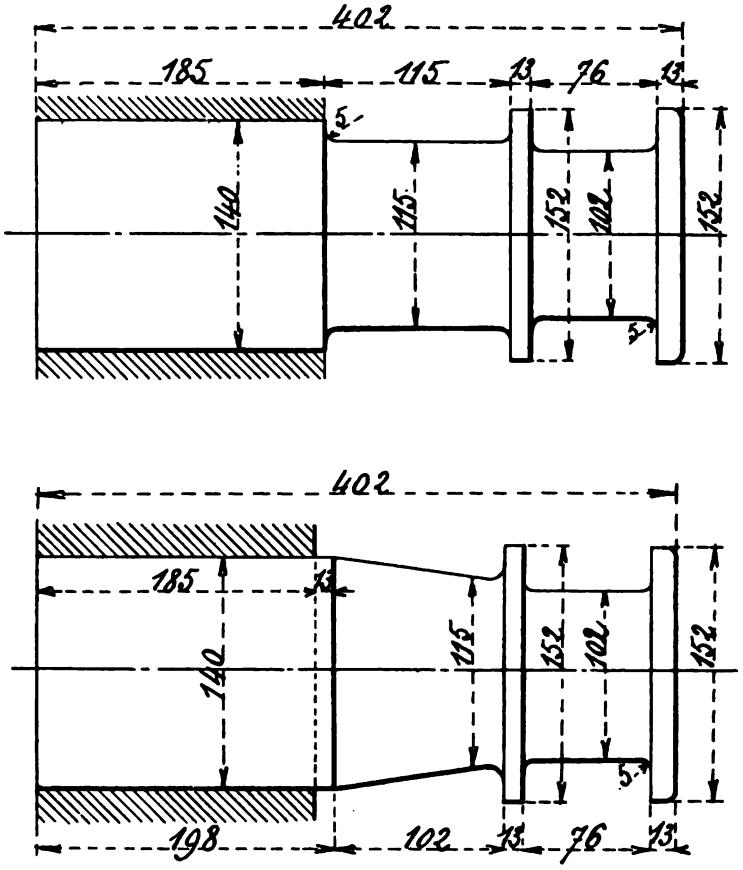


Fig. 540. — Maneton moteur et d'accouplement. Type américain.

imposé, le maneton placé sur les roues motrices que l'on porte entre 100 et 160 mm. avec une longueur de 95 à 120 mm. Il en est de même du maneton d'accouplement des roues motrices, dans toutes les machines à trois essieux accouplés et plus, qui supporte un effort égal à la somme des efforts exercés sur tous les manetons du même côté.

La *Compagnie du Highland* emploie, pour toutes ses locomotives, afin de réduire l'usure, des manetons de diamètre plus gros qu'il n'est d'usage partout ailleurs. Ainsi, les tourillons des bielles d'accouplement de ses locomotives à six roues accouplées ont un diamètre de 133 mm. pour les têtes extrêmes et de 160 mm. pour les têtes montées sur l'essieu moteur ; leur longueur utile est respectivement de 90 et 100 mm.

Digitized by Google

Quand les cylindres sont extérieurs et que la distribution est intérieure ou commandée par la bielle, la tête de bielle d'accouplement est guidée, du côté intérieur, par le renflement dû au plus grand diamètre du tourillon de la manivelle. S'il y a une contre-manivelle, la différence de diamètre n'est pas assez grande pour que l'on se contente de ce guidage — les têtes de bielles motrices et d'accouplement ne devant pas se toucher — et l'on interpose un collet en saillie (fig. 540 et 541).

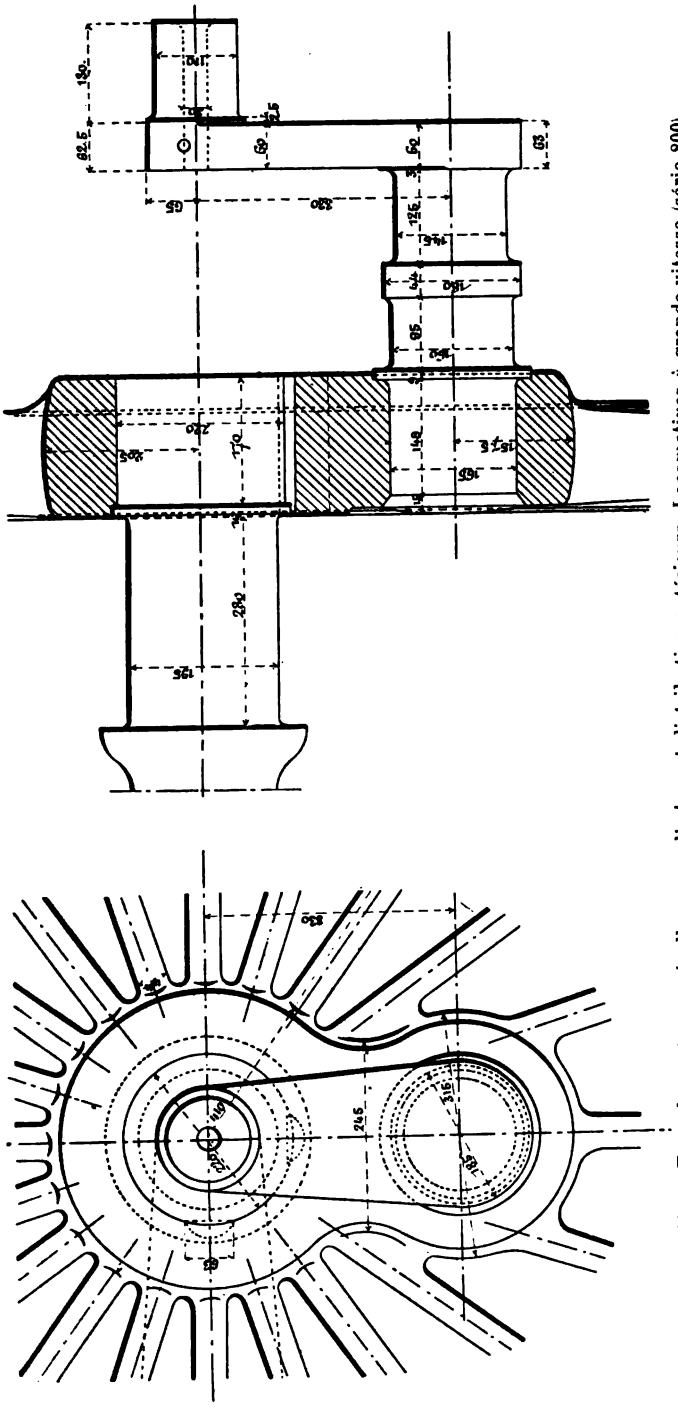


Fig. 541. — Type de contre-manivelle pour cylindres et distribution extérieurs. Locomotives à grande vitesse (série 800) des *Chemins de fer de l'Est.*

Les têtes de bielles d'accouplement sont montées sur les manetons avec un jeu latéral de construction de 1 mm. en moyenne. En service, ce jeu peut atteindre 2 et même 3 mm. sans inconvénients.

261. Contre-manivelles. — Quand la distribution est extérieure, les manetons des roues motrices portent de chaque côté, vers le dehors, une contre-manivelle venue de forge avec eux, dont le

Digitized by Google

bras est aussi mince que possible afin de ne pas trop déporter l'axe de la distribution et dont le rayon est égal à celui des manivelles d'accouplement (fig. 541, 542, 543). Cette contre-manivelle porte également, venue de forge, une portée cylindrique, dont l'axe correspond à celui de l'essieu et qui reçoit les poulies d'excentriques. Celles-ci sont maintenues par un clavetage et, généralement aussi, par un collet extérieur ou une rondelle que fixe un écrou extérieur goupillé. Les contre-manivelles sont solidaires des roues par l'intermédiaire de la portée de calage du tourillon des bielles motrices et d'accouplement ; elles sont entrées à la presse et consolidées en outre par un clavetage et parfois rivées du côté intérieur (fig. 541).

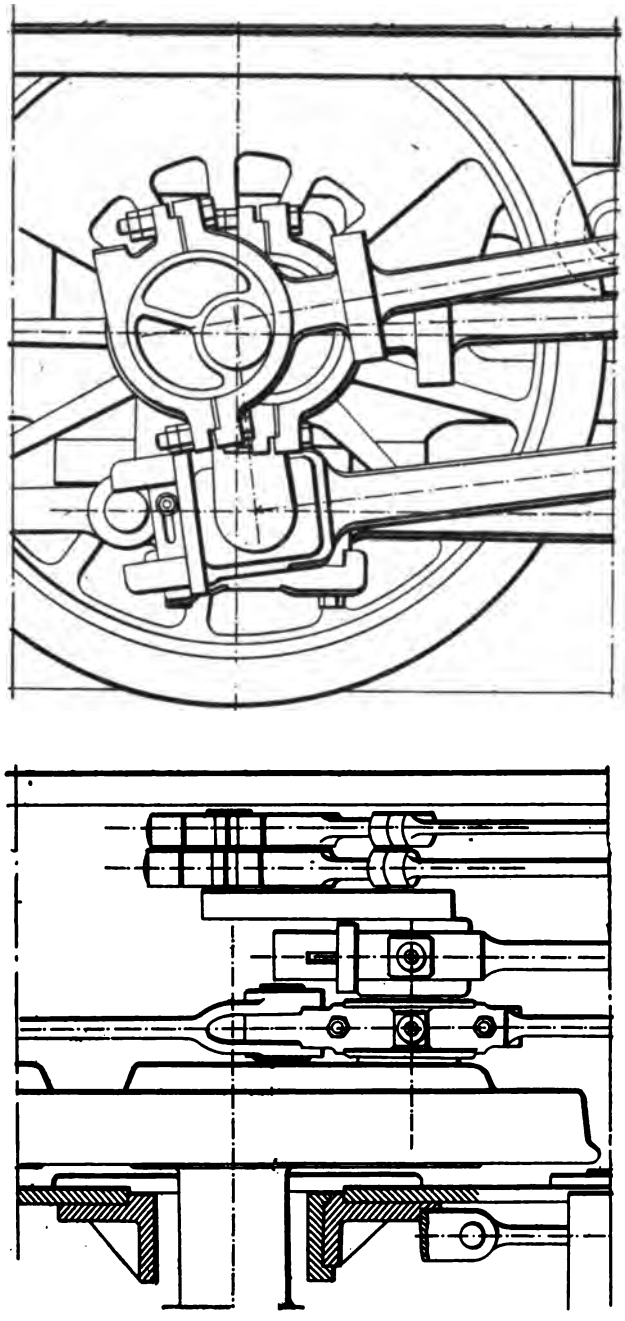


Fig. 542. — Contre-manivelle portant deux excentriques.

Quand la distribution est opérée par un excentrique unique, comme c'est le cas avec le système Walschaërt, on se dispense d'ajouter une poulie (fig. 543). Le tourillon qui termine la contre-manivelle est déporté sur le côté de manière que son axe coïncide exactement avec celui du centre d'excentricité. Ce tourillon excentré com-

Digitized by Google

mande alors directement la coulisse au moyen d'une petite bielle spéciale.

L'addition de contre-manivelles est un des inconvénients des distributions extérieures. Leur présence exige l'emploi de têtes de bielles d'accouplement démontables et à rattrapage de jeu. En outre, elles sont assez difficiles à mettre en place; car, pendant qu'on les entre à la presse, elles ont souvent

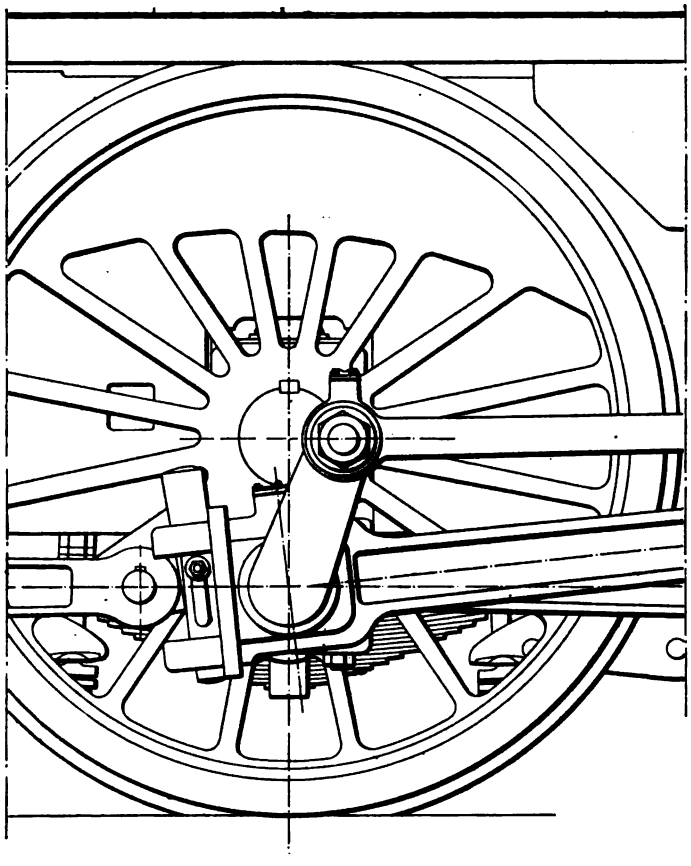


Fig. 543. — Contre-manivelle excentrée commandant une barre d'excentrique à tête ronde sans rattrapage de jeu.

tendance à tourner et à modifier leur calage ; cette opération doit être faite avec soin et bien surveillée. D'ailleurs, on laisse toujours leur tourillon d'excentricité brut de forge ou tout au moins à un diamètre supérieur de 5 à 8 mm. au diamètre définitif afin que l'on puisse, lors du tournage et après vérification des calages, réparer l'erreur qui a pu être commise ou le déréglage et ramener le centre du tourillon à la place exacte qu'il doit occuper.

262. Manivelles d'accouplement. — Quand les châssis sont extérieurs, l'accouplement des essieux s'opère à l'aide de manivelles calées à la presse sur

Digitized by Google

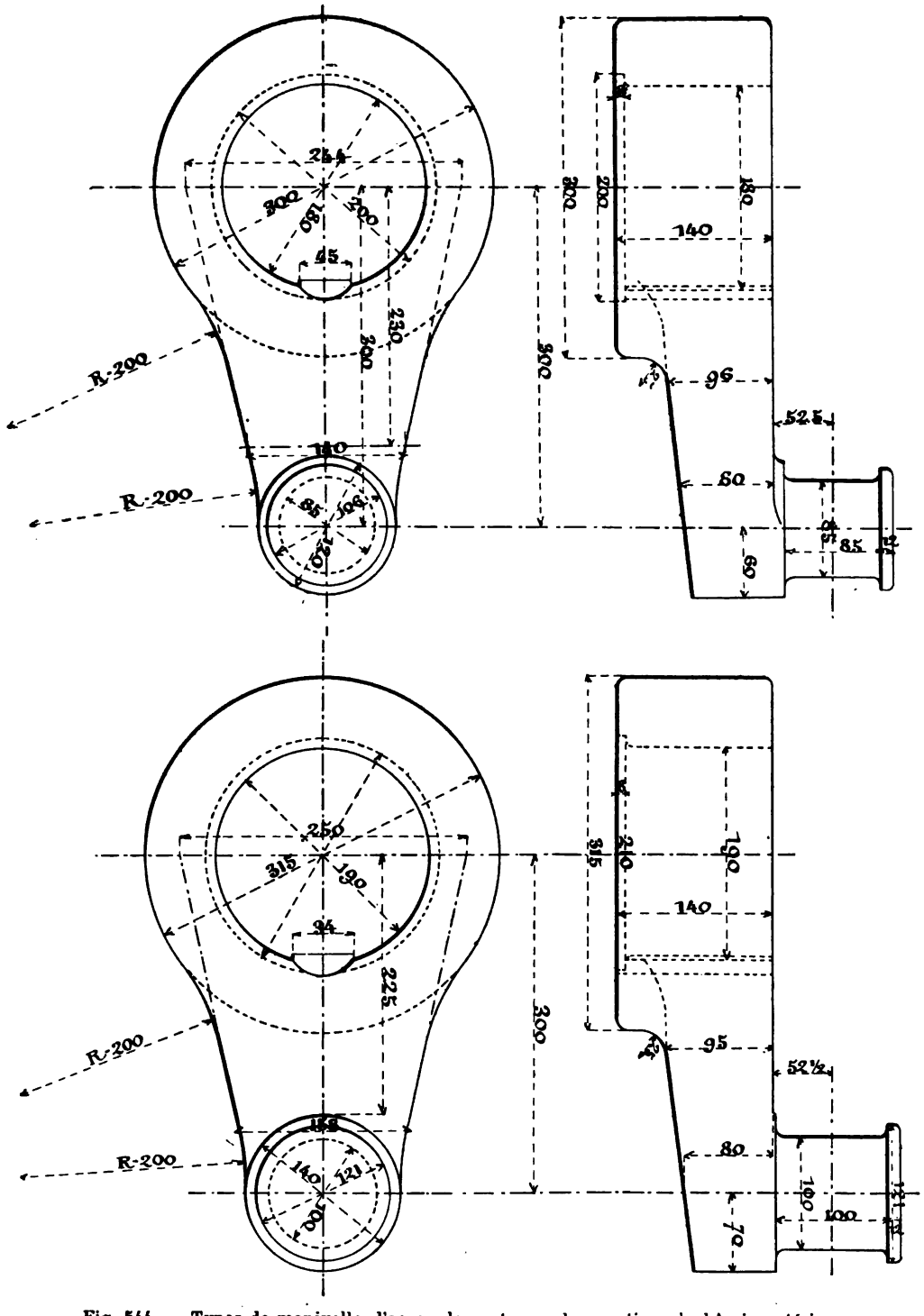


Fig. 544. — Types de manivelle d'accouplement pour locomotives à châssis extérieurs. Machines de banlieue (série 729-742) des *Chemins de fer de l'Est*.

Digitized by Google

des portées formant le prolongement des fusées dont elles sont séparées par un collet à mi-fer sur lequel elles viennent buter. On complète l'assemblage par un clavetage. Ces manivelles sont toujours en fer ou en acier et le maneton d'accouplement est venu de forge avec elles.

La figure 544 représente les manivelles d'accouplement des machines de banlieue (série 729 à 742) de la Compagnie de l'*Est*. On en trouvera plus loin un autre exemple qui représente les essieux coudés montés des machines à marchandises (série 3 000) de la même administration.

Les Compagnies anglaises qui ont fait, à une certaine époque, un emploi considérable des machines à châssis extérieur, pour réduire l'épaisseur des bras, leur donnaient une largeur beaucoup plus grande, égale, au milieu et parfois supérieure, au diamètre du moyeu. Ils pouvaient ainsi réduire leur épaisseur à 40 ou 50 mm. seulement, au lieu de 80 à 100 mm. comme dans le cas considéré. Les faces extérieures et intérieures de ces manivelles étaient souvent parallèles. On peut avoir recours à cet artifice quand on est gêné par le gabarit.

Dans beaucoup de locomotives autrichiennes à châssis extérieurs, les bielles motrices commandent l'essieu moteur par l'intermédiaire d'une manivelle (système Hall). Les excentriques sont formés par le moyeu lui-même tourné sur plusieurs centres à cet effet, et les bras ont une faible épaisseur afin de ne pas exagérer la largeur déjà considérable de la machine avec cette disposition et qui ne serait pas possible avec les gabarits plus restreints de la plupart des autres contrées.

263. Calage des manivelles et manetons d'accouplement. — Nous avons dit plus haut que les manivelles étaient fixées sur les essieux, les manetons d'accouplement et les contre-manivelles sur les roues, par un calage effectué à la presse hydraulique, avec graissage.

Le serrage à donner et la pression qu'il faut mettre en jeu varient naturellement avec le diamètre des portées, l'état et la nature des moyeux. En général il convient d'adopter, pour le serrage, des différences de diamètre entre le trou de moyeu et le diamètre de la portée de calage, voisines des chiffres ci-dessous, applicables aux roues neuves ou réalésées :

DIAMÈTRES des portées de calage.	80 millimètres et au-dessous.	81 à 100 millimètres.	101 à 120 millimètres.	Au-dessus de 121 millimètres.
	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.
Serrage total	0,06	0,13	0,15	0,19

Digitized by Google

Ces serrages correspondent sensiblement à des pressions de calage variant de 14 à 18 tonnes pour les manetons de 70 à 80 mm. de diamètre; de 18 à 20 tonnes pour les manetons de 80 à 100 mm.; de 22 à 30 t. pour les manetons d'un diamètre compris entre 110 et 145 mm. Ces chiffres n'ont rien d'absolu et peuvent varier dans d'assez larges limites suivant la qualité du métal constituant le moyeu.

264. Les coussinets[1] sont des organes intermédiaires ajustables, destinés à former les surfaces de contact entre les tourillons d'articulation et les bâtis, supports ou pièces du mécanisme.

Ils ont pour but :

1° De permettre, pour l'établissement de ces surfaces, l'emploi de matériaux appropriés, plus convenables, au point de vue de l'usure et du frottement, que le métal employé pour la confection de l'organe lui-même, choisi en vue de résister à des efforts d'ordre différent : de traction, de compression ou de flexion;

2° De faciliter la mise en place et le réglage, au montage, des organes mobiles et d'assurer avec précision leur longueur mesurée entre les axes des articulations;

3° De permettre un rattrapage aussi parfait que possible des jeux qui peuvent se produire aux articulations par suite de l'usure.

Les coussinets, afin de répondre aux *desiderata* exprimés dans le premier paragraphe, se font presque toujours en bronze de qualité et de dureté différentes, suivant les cas. Comme ils sont d'un remplacement plus facile après usure que les tourillons, on a tout intérêt à les composer de matériaux plus tendres que ces derniers, afin que l'usure porte presque entièrement sur eux. C'est une des raisons pour lesquelles on garnit souvent l'intérieur des coussinets de métal blanc, pratique d'autant plus justifiée que le métal du tourillon est moins dur lui-même. Avec les tourillons en acier doux par exemple on ne saurait guère se dispenser de l'emploi du régule, tandis que son adoption est moins nécessaire quand les tourillons sont en acier dur ou demi-dur ou bien en fer cémenté et trempé.

Du moment que l'on garnit intérieurement les coussinets d'un remplissage en antifriction, on peut se demander s'il est bien nécessaire de les confectionner en bronze, métal assez coûteux. Comme ils ne viennent plus en contact avec les tourillons, les coussinets ne servent plus alors que de support au métal blanc en lui assurant une rigidité de forme nécessaire. Dès lors on pourrait exécuter ces coussinets en fonte ou en fer à un moindre prix. Cette pratique est en effet suivie par quelques constructeurs, mais elle est encore

[1] Les généralités contenues dans ce paragraphe sont relatives aux coussinets de toute espèce, y compris ceux des boîtes à huile.

Digitized by Google

aujourd'hui très exceptionnelle. On peut craindre en effet que les échauffements des coussinets ne les fassent fendre s'ils sont en fonte, surtout lorsqu'on vient à les refroidir brusquement. D'autre part, les coussinets en fer, s'ils sont de forme compliquée, peuvent être plus coûteux que ceux en bronze obtenus par moulage. L'acier moulé convient mieux à cet usage.

La Compagnie de l'*Est* fait usage, pour les têtes de bielles de quelques machines de coussinets de formes simples en fer ou en acier moulé qui sont entièrement doublés en régule.

Les coussinets ont à satisfaire aux conditions suivantes :

1° Présenter une surface de portage suffisante pour qu'il ne se produise pas d'échauffements et que l'usure soit minimum;

2° Être étudiés en vue d'éviter qu'ils ne viennent à changer de forme en s'échauffant sous l'action du frottement et à venir pincer le tourillon, aggravant ainsi le chauffage;

3° Porter suivant toute leur longueur sur les tourillons et ne pas présenter, de chaque côté des joues, un porte à faux assez grand pour qu'ils puissent fléchir;

4° Être rigides et porter complètement dans leurs supports de manière à n'être pas sujets à s'affaisser sous la charge ni à branler;

5° Avoir une épaisseur suffisante pour qu'ils puissent résister indéfiniment à l'action du martelage résultant des chocs et des vibrations auxquels sont soumis les tourillons;

6° Présenter une bonne disposition en vue du graissage;

7° Être d'un réglage facile et disposés de telle sorte que le rattrapage de jeu se fasse autant que possible dans le sens même où l'usure tend à se produire;

8° Être composés d'un métal présentant un faible coefficient de frottement, assez mou pour ne pas user les tourillons, assez dur et assez bon conducteur pour ne pas avoir tendance à s'échauffer et assez tenace pour ne pas se fendre sous l'action des chocs répétés et des pressions exercées normalement par le tourillon non plus que sous l'action successive des échauffements ou des refroidissements brusques auxquels ils peuvent être soumis.

Les coussinets doivent autant que possible présenter en tous leurs points une égale épaisseur afin de n'être pas soumis à des efforts intérieurs dus au retrait et de ne pas présenter de tendance à se fendre sous l'action d'un refroidissement brusque après qu'un échauffement s'est produit.

La forme qui convient le mieux à un coussinet est la forme cylindrique que l'on ne peut guère en pratique adopter pour les locomotives; on doit, en tout cas, chercher à s'en rapprocher autant que possible. Ces coussinets ont toutefois l'inconvénient de manquer souvent de rigidité. Ils ont fréquemment tendance, lorsqu'un échauffement se produit, à se dilater du côté intérieur en

Digitized by Google

contact avec l'arbre et par conséquent à s'ovaliser. Si en effet le coussinet ne peut s'ouvrir à cause de la pression qu'exerce sur lui le palier, il peut arriver que la limite d'élasticité soit dépassée dans la zone voisine du tourillon quand l'échauffement est brusque et considérable; il se produit alors une déformation permanente et le coussinet, en se refroidissant, tend à serrer la portée par ses deux pinces, ce qui amène un nouvel échauffement. C'est pour cette raison que certains coussinets ont toujours une tendance à chauffer, mais que au delà d'une certaine température, qui peut d'ailleurs être inférieure à la limite que l'on ne pourrait admettre, on ne constate plus aucune aggravation de l'échauffement. D'autre part, cette succession de légers mouvements moléculaires à l'intérieur du coussinet tend à amener des ruptures qui peuvent se produire suivant une génératrice extérieure au sommet.

Les coussinets doivent présenter par eux-mêmes une grande rigidité et, à cet effet, une épaisseur suffisante; surtout s'ils débordent de chaque côté.

En outre ils doivent être fixés d'une manière absolument rigide et bien ajustés extérieurement.

Ils ne doivent jamais porter dans les angles, quand ils en présentent extérieurement.

L'ajustage des coussinets au droit de leur coupure pouvant n'être pas irréprochable et dans le but d'éviter qu'en s'ouvrant ils viennent pincer le tourillon, on peut les évider légèrement et abattre l'angle au droit de la coupure, de chaque côté.

Les arrondis qui terminent les bords extérieurs des coussinets doivent présenter un diamètre légèrement supérieur à celui des congés de raccord des tourillons avec leurs collets, afin qu'ils ne viennent pas porter au fond de ces congés, ce qui amènerait infailliblement des échauffements d'autant plus graves que la dilatation des coussinets aurait tendance à augmenter le serrage. C'est pour cette raison que certains constructeurs remplacent l'arrondi du coussinet par un méplat oblique, de façon que les collets du tourillon ne portent que sur des surfaces plates.

On doit en outre donner un certain jeu longitudinal aux tourillons dans leurs coussinets pour empêcher qu'il ne se produise de coincement et permettre qu'une légère dilatation du coussinet ne vienne pas le serrer entre les collets.

Les coussinets portent des joues latérales ajustées qui viennent s'emboîter exactement sur des parties dressées des têtes de bielles et servent à empêcher tout mouvement transversal.

Le graissage des coussinets est assuré par l'écoulement, continu ou intermittent, de l'huile emmagasinée dans un godet placé à la partie supérieure de la tête de bielle ou de la boîte. Dans ce godet, aboutit un conduit vertical qui débouche dans les coussinets, et se trouve relié à leur surface intérieure

Digitized by Google

par un congé bien arrondi, de manière qu'il n'y ait aucune arête vive sur la surface frottante. Ce conduit aboutit à *des pattes d'araignée*, rainures tracées à la surface intérieure du coussinet et aboutissant au trou du graisseur, qui servent à distribuer l'huile sur la portée.

La meilleure disposition comporte deux pattes d'araignée se coupant à peu près à 90° et présentant, en projection plane, la forme d'une croix. Quand il y a deux trous de graissage, à chacun d'eux correspond une patte d'araignée, les branches de chacune d'elles venant couper celles de l'autre.

La disposition qui consiste dans un seul conduit dirigé suivant une génératrice et donnant naissance à des conduits circulaires placés dans un plan normal à l'axe du tourillon, est à condamner comme donnant lieu, au bout de quelque temps de fonctionnement, à des rayures sur la portée. Pour éviter cet inconvénient, les pattes d'araignée doivent être disposées obliquement sur toute la largeur du coussinet.

Les arêtes des conduits doivent être adoucies à la lime afin d'éviter tout contact à angle vif entre le coussinet et le tourillon.

On doit en tout cas recommander d'éviter de trop multiplier les pattes d'araignées et de ne pas les élargir outre mesure, dispositions qui auraient pour effet de diminuer les surfaces de frottement et d'augmenter les risques de chauffage. Certains ingénieurs nient même l'utilité des pattes d'araignée et ne les considèrent que comme propres à servir de réceptacle aux particules résultant de l'usure et qui se produisent abondamment quand le métal est entamé. De nombreuses expériences ont conduit M. Dewrance à considérer que le meilleur système consistait à disposer, en haut du coussinet, un canal correspondant au trou de graissage et dirigé suivant une génératrice, ne portant pas de pattes d'araignées. Suivant cet expérimentateur, la longueur de ce canal ne devrait jamais excéder les trois quarts de la longueur du coussinet.

265. Application du métal blanc. — L'usage de garnir intérieurement les coussinets des têtes de bielles et des boîtes s'est surtout répandu dans les chemins de fer depuis la généralisation du graissage à l'huile minérale.

Le métal blanc, souvent appelé *antifriction*, bien que ce mot s'applique surtout à un alliage déterminé, se compose ordinairement de plomb, d'antimoine, d'étain et de cuivre, le plomb et l'étain dominant. On trouvera dans le chapitre précédent les principales compositions usitées.

L'antifriction n'est pas destinée, comme on est souvent porté à le croire, et comme son nom semblerait l'indiquer, à diminuer le coefficient de frottement. Elle a le plus souvent au contraire un résultat diamétralement opposé et augmente dans une légère mesure le coefficient de friction et la température du coussinet dans des conditions données de fonctionnement et de grais-

Digitized by Google

sage. Des expériences précises effectuées par M. Thurston ne laissent aucun doute à cet égard :

	Bronze.	Métal blanc.	
		N° 1	N° 2
Température moyenne	56°	67°	58°
Coefficient moyen de frottement	0,010	0,013	0,011
Dépense d'huile par heure (grammes) . . .	248	528	373

La dépense d'huile étant plus considérable et la température des coussinets plus élevée avec l'antifriction, on est en droit de se demander quels sont les avantages réels qu'elle présente et qui, nous le verrons, justifient entièrement son adoption dans la plupart des cas.

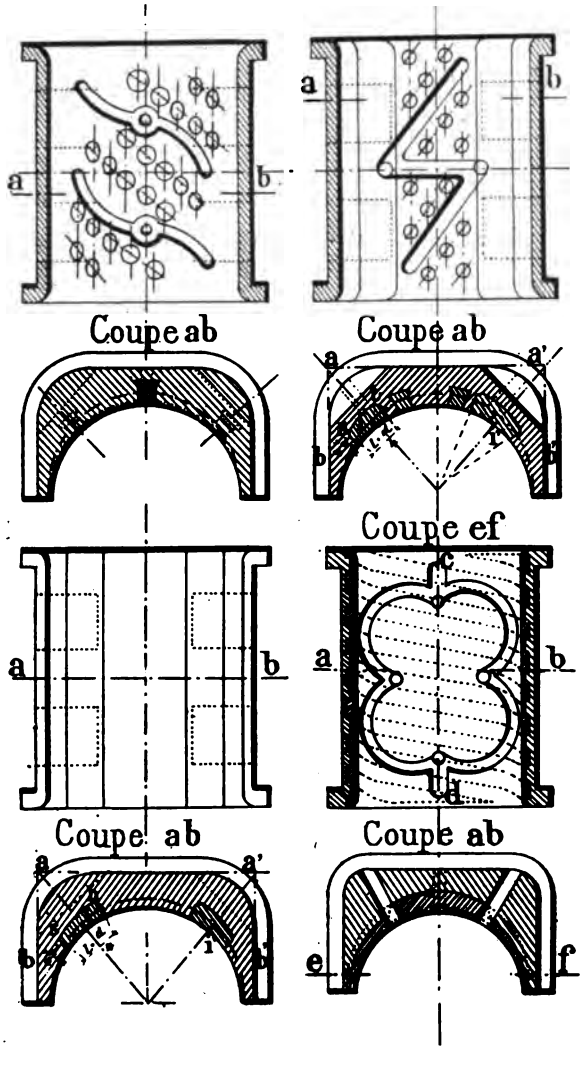


Fig. 545. — Régulage de coussinets (*Est*).

L'élévation de la température, constatée dans ces expériences, provient de la plus faible conductibilité du métal blanc, ce qui est évidemment une infériorité dans l'espèce.

Ses avantages résultent, semble-t-il, des deux faits suivants :

1° L'antifriction, plus molle que le bronze, se moule mieux sur le tourillon, en épouse davantage les creux et les reliefs et par conséquent augmente la surface de contact qui, avec des coussinets en bronze dur, n'est souvent qu'une fraction assez minime de la surface totale du tourillon.

Digitized by Google

2° Son degré de fusion étant peu élevé, elle fond, en cas d'échauffement, avant que le tourillon ne soit grippé.

Il semble en résulter que l'antifriction conviendrait mieux encore aux machines dont l'exécution ne serait pas irréprochable, ou pour celles qui, en service depuis quelque temps, présenteraient des tourillons inégalement usés ou déjà entamés. Toutefois, elle paraît de plus en plus appréciée et peu de constructeurs croient pouvoir se dispenser de son emploi.

Il a pendant longtemps été d'usage, et cette pratique est encore en faveur auprès de nombreuses Compagnies de chemins de fer, de ne pas antifrictionner en plein les coussinets. On coule le métal blanc dans les coussinets par bandes ou stries obliques ou par macarons circulaires à queue d'aronde. Actuellement, on préfère en général réguler en plein les coussinets. A cet effet, ceux-ci sont alésés à un diamètre supérieur à celui du tourillon de l'épaisseur du régulage. On trace en outre sur cette surface cylindrique des stries en queue d'aronde destinées à établir une liaison complète entre l'antifriction et le bronze du coussinet. On coule ensuite le métal blanc dans le coussinet après avoir placé suivant l'axe de ce dernier un mandrin cylindrique d'un diamètre légèrement inférieur à celui de l'arbre. On termine la portée en alésant au diamètre définitif.

On n'antifrictionne pas d'ordinaire les coussinets des petites têtes de bielles, parce que les pressions par unité de surface sont trop considérables et que le faible déplacement angulaire de ces coussinets ne rend pas nécessaire l'emploi de métal blanc.

Le régulage par macarons est d'une application facile, mais il présente un sérieux inconvénient. Quand le coussinet s'échauffe, le métal blanc se dilate dans les trous où il est enchâssé, fond ensuite, s'interpose entre le bronze et le tourillon, ce qui peut donner lieu à des incidents fâcheux. Si les trous se vident sans donner lieu à un important chauffage, la surface de frottement se trouve diminuée et l'usure se produit plus rapidement.

La disposition comportant des rainures ou des trous recouverts d'une doublure entière en métal blanc répartit également le régule dans le bronze, lie bien la doublure aux coussinets et ne diminue guère la solidité de celui-ci, mais elle demande plus de main-d'œuvre et son application est un peu plus coûteuse. On peut remplacer les rainures par des trous ayant environ 6 mm. de profondeur.

Le type à rainures symétriques est peu coûteux, les rainures pouvant être venues de fonte et n'exigeant qu'un simple grattage avant que l'on vienne y couler le métal blanc. Ce système paraît donner, au point de vue du frottement des surfaces, d'aussi bons résultats que le régulage en plein, mais il a cet avantage sur lui que les chauffages, même légers, n'entraînent pas le laminage du régule amolli par la chaleur venant boucher les trous de grais-

Digitized by Google

sage. Si le métal blanc vient à céder, il peut se dégager par les congés; le dos du coussinet, en bronze, résiste et permet à la machine de continuer son service. Ainsi, dans ce type, on se trouve en présence d'un système mixte : normalement le frottement s'exerce sur une surface régulée et, en cas de chauffage et d'expulsion du métal blanc, le portage s'effectue sur la surface en bronze nue.

Le régulage en plein passe pour avoir l'avantage de prolonger presque indéfiniment la durée du coussinet puisque l'usure ne porte que sur le métal blanc que l'on peut renouveler. Il n'en est pas toujours de même dans la réalité parce que beaucoup de coussinets, surtout ceux des boîtes, périssent par suite de criques se produisant dans la partie amincie qui entraîne à les réformer avant usure.

D'autre part, le régulage partiel ne semble pas aussi rationnel que le régulage total parce que le régule, étant plus mou que le bronze, ne peut jamais former de saillie au-dessus de la surface de ce dernier sur laquelle le portage s'effectue aussi. Néanmoins le régulage en plein, dans les coussinets de locomotives, ne peut s'employer qu'avec certaines précautions à cause des grandes pressions par unité de surface, plus élevées que dans les autres genres de machines, et qui tendent à laminer et écraser le métal blanc. Celui-ci, plus divisé, est mieux maintenu lorsqu'on emploie des macarons ou des stries.

Afin de parer aux inconvénients pouvant résulter de chauffages entraînant la fusion du métal blanc, à la *Compagnie de l'Est*, on rapporte, dans les coussinets régulés en plein, deux barrettes transversales en bronze ajustées à force ainsi que deux cales de même métal rapportées sur la face de jonction des deux coussinets emmanchées à queue d'aronde et fixées par deux goujons en laiton rivés. On applique ensuite le régule et on alèse au diamètre du tourillon de manivelle. Cette disposition met, paraît-il, à l'abri de fâcheux incidents de route.

266. Tiroirs ordinaires. — La distribution, dans les cylindres des locomotives, est effectuée par des tiroirs ordinaires à coquilles qui ne présentent absolument aucune particularité et dont on trouvera des exemples figures 546 et 547. Ces tiroirs se confectionnent en fonte ou en bronze.

La fonte offre le double avantage de coûter moins cher et de présenter un meilleur frottement que le bronze — les glaces des cylindres étant elles-mêmes en fonte — et surtout de nécessiter un graissage moins abondant.

Au *North London Ry*, qui est uniquement une ligne de banlieue à grande circulation, comportant pour tous les trains des arrêts fréquents, on a remarqué que les tiroirs en fonte donnaient un meilleur frottement, rendaient la manœuvre du changement de marche plus facile et s'usaient moins

Digitized by Google

vite que les tiroirs en bronze. Leur usure moyenne ne serait sur ce réseau que 1,6 mm. pour 130 000 km. de parcours.

Toutefois, on peut présenter à ce sujet les mêmes observations que pour les bagues de piston. Si la fonte composant le tiroir est trop dure, et, à cause de la petitesse des pièces, on n'est pas toujours maître d'empêcher une certaine trempe par refroidissement rapide, elle use rapidement la glace, ce qui occasionne un entretien coûteux. On y a quelquefois remédié en ajoutant, sur la

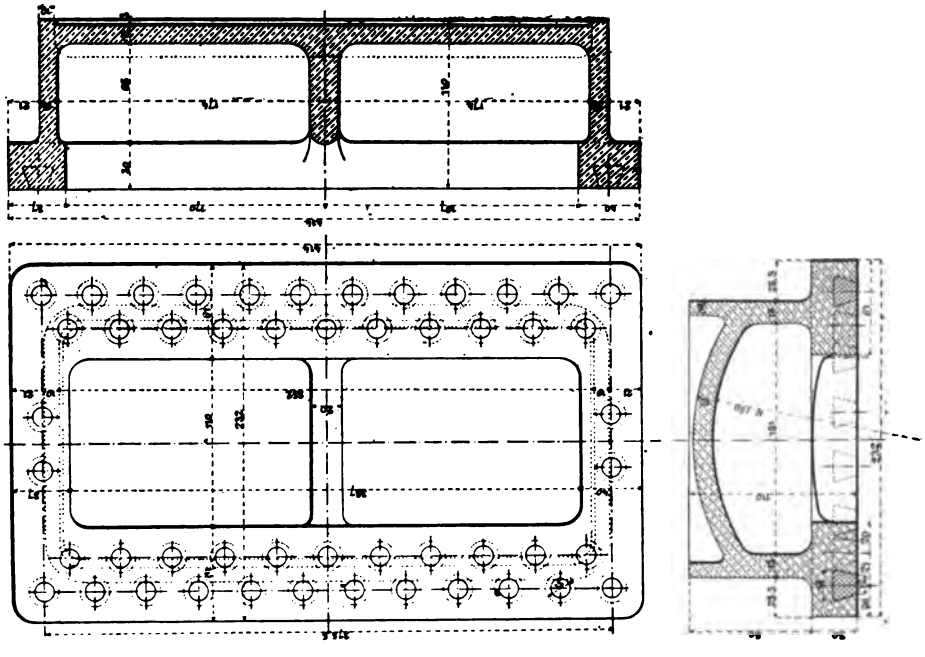


Fig. 546. — Tiroir des locomotives à grande vitesse (série 77-86) du *Chemin de fer d'Orléans*.

table, une glace rapportée, en fonte dure, tenue au cylindre à l'aide de vis noyées dans l'épaisseur. Cette glace, pouvant être plus dure que le cylindre, s'use moins vite et peut en tout cas se remplacer facilement et à peu de frais; toutefois, elle constitue une complication notable et ces glaces rapportées sont sujettes à se voiler.

Il est préférable, néanmoins, que l'usure porte en entier sur le tiroir et non sur la glace. En effet, dans les locomotives, on opère la détente en diminuant la course du tiroir Il en résulte que la durée de la marche avec détente étant beaucoup plus grande que celle à admission maximum, la glace s'use davantage en son milieu et devient rapidement concave ; cela cause des fuites de vapeur sous le tiroir qui ne s'applique plus contre la glace sur toute sa surface.

Pour remédier à ce grave inconvénient, la plupart des Compagnies de chemins de fer font leurs tiroirs en bronze de sorte que les glaces ne s'usent

Digitized by Google

plus d'une manière appréciable. Cette pratique est très recommandable pour les locomotives, où l'on marche le plus souvent à de faibles admissions, mais il faut alors un graissage plus abondant ; néanmoins les tiroirs en bronze grincent presque toujours.

Les barrettes sont plus épaisses que le corps même du tiroir, dans la proportion de 1,2 à 1,5 environ, pour tenir compte de l'usure à laquelle elles sont soumises et des rabotages qu'il faudra faire subir de temps à autre à leur surface en contact avec la glace.

La face inférieure du tiroir est rabotée avec grand soin, puis terminée à la

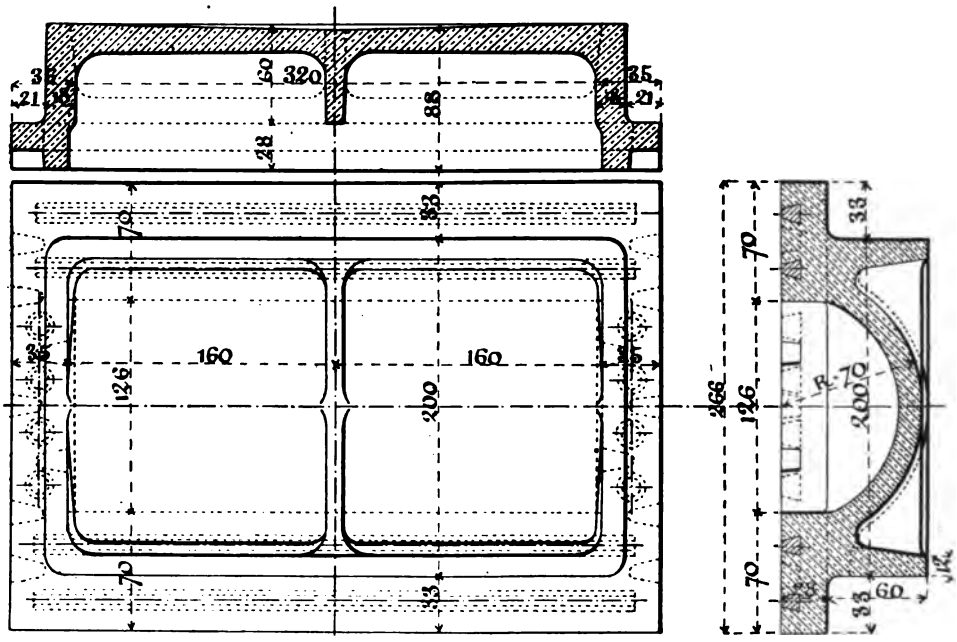


Fig. 547. — Tiroir des locomotives à grande vitesse (série 953-990) des *Chemins de fer de l'Ouest.*

gratte et rodée sur sa glace de façon qu'elle porte également en tous ses points.

Les arêtes sont aussi rabotées et limées de façon que les barrettes présentent très exactement les dimensions indiquées par l'épure de distribution.

Le tiroir est entraîné par une tige qui sort de la boîte à vapeur à travers un presse-étoupes, et se prolonge souvent, du côté opposé, par une contre-tige destinée à la guider et coulissant dans une bague comme on le voit figures 548 à 550. S'il n'y a pas de contre-tige, pour assurer le mouvement rectiligne du tiroir, on le guide de chaque côté par deux épaulements venus de fonte avec la table et rabotés.

Au dehors, la tige du tiroir coulisse dans un guide ajustable qui diffère de

Digitized by Google

forme et de disposition suivant l'arrangement général des cylindres et des boîtes à tiroir et selon le type de la distribution. Nous en verrons plus loin de nombreux exemples.

La hauteur intérieure du tiroir doit être au minimum égale à la largeur des

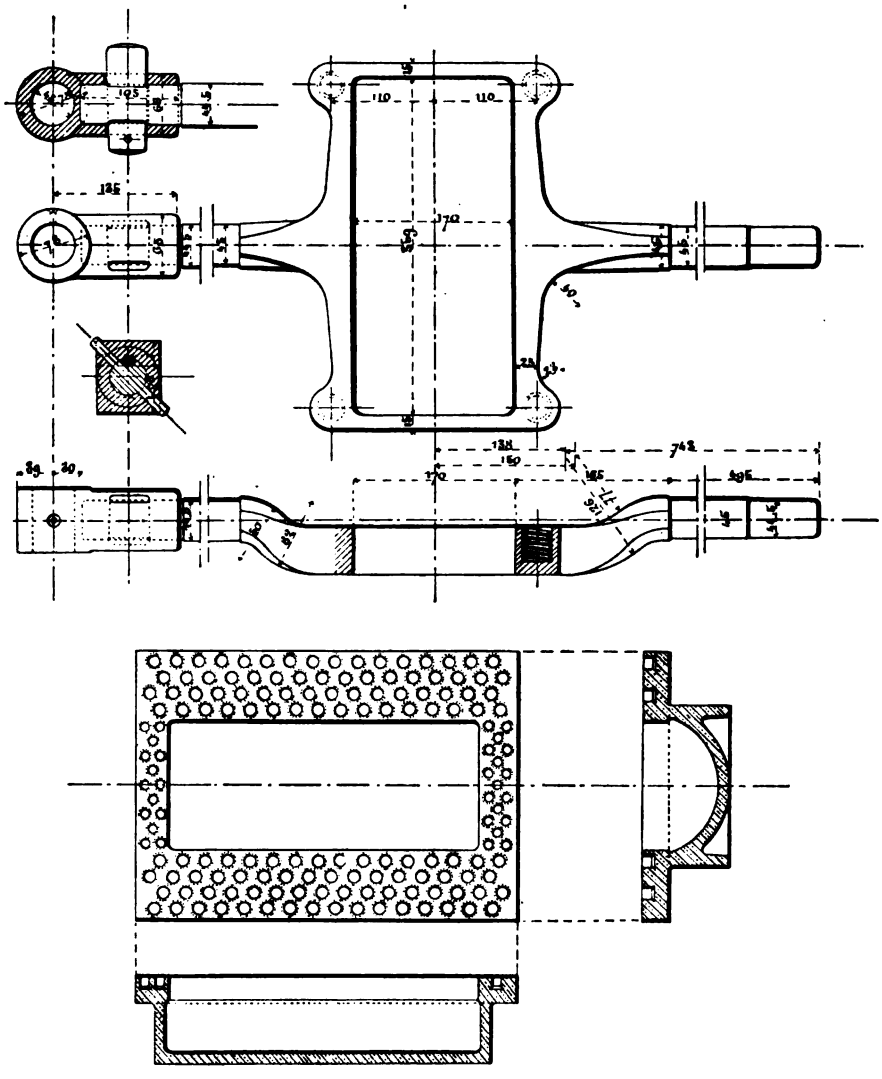


Fig. 548. — Tiroir et cadre de sa tige. Locomotives de banlieue (série 729-742) des *Chemins de fer de l'Est*.

lumières du cylindre, car la section de passage, pendant l'échappement, ne doit pas être resserrée et le tiroir a la même largeur que ces orifices. Comme on a intérêt à ne pas augmenter le volume du tiroir et par conséquent l'encombrement et le poids de sa boîte, il est rare que l'on donne à cette hauteur une valeur supérieure à 1,3 ou 1,5 de la largeur de l'orifice.

Digitized by Google

La distance qui sépare le tiroir des parois intérieures de sa boîte doit, pour les mêmes raisons, n'avoir que la valeur strictement nécessaire à la libre circulation de la vapeur, à moins que cette boîte ne soit formée par la capacité comprise entre les cylindres dans les machines compound et constituant le réservoir intermédiaire.

La glace sera placée aussi près que possible du cylindre. On doit toutefois ménager, pour le conduit d'échappement, une section, mesurée dans le plan transversal médian du tiroir, au moins égale à la moitié de celle du tuyau d'échappement.

Le tiroir doit être relié à sa tige par un procédé qui l'en rende indépendant dans le sens transversal afin qu'il puisse s'appliquer en toutes circonstances sur sa glace sous l'action de la vapeur, même en cas d'une légère erreur dans l'alésage du presse-étoupes ou du montage de la tige et après usure des barrettes ou de la table du cylindre.

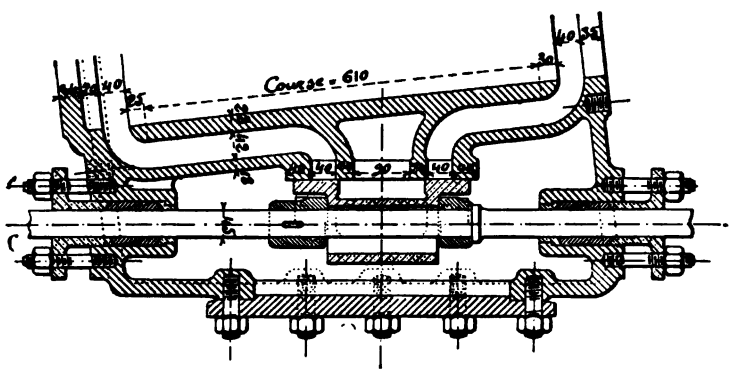


Fig. 549. — Montage sans cadre du tiroir et de sa tige.

A cet effet, on emploie à peu près partout le même système pour les locomotives dont le tiroir présente une forme très aplatie. La tige, au lieu de traverser le tiroir, porte un cadre venu de forge qui l'entoure et se trouve ajusté sur lui à frottement très doux (fig. 548).

Les parois extérieures verticales du tiroir doivent porter, aux angles et en leur milieu, des bossages formant légèrement saillie, sur lesquels ce cadre vient s'ajuster de manière qu'il ne porte pas sur toute la surface. Quelquefois, les bossages sont ménagés à l'intérieur du cadre et la surface du tiroir est lisse.

L'inconvénient de ce dispositif réside surtout dans l'encombrement que présente la tige portant un tel cadre venu de forge. Sa mise en place présente quelques difficultés et il faut ménager un couvercle de très grandes dimensions. On doit en effet entrer la tige dans son presse-étoupes, du côté intérieur, en l'inclinant.

En France, quelques Compagnies ont l'habitude de disposer sur la tige du tiroir un moyen extérieur de réglage permettant de compenser les jeux des diverses articulations de la distribution. Il consiste généralement en une partie filetée placée sur l'extrémité arrière de la tige du tiroir et passant

Digitized by Google

librement à travers une ouverture pratiquée dans la tête de la tige du tiroir ou dans une oreille venue de forge avec la fausse tige, directement commandée par la coulisse, et recevant deux écrous placés l'un en avant, l'autre en arrière et qui servent à l'entraînement de la tige du tiroir dans les deux sens et au réglage de sa position longitudinale. On peut toujours ainsi, en raccourcissant ou en allongeant la tige du tiroir, ramener ce dernier dans la position convenable lorsqu'il s'est produit un déréglage. On complète ce dispositif par un index, solidaire de la tige du tiroir, qui se déplace sur une règle graduée donnant la position des arêtes des lumières. On a de plus en plus tendance à supprimer ces moyens de réglage des tiroirs, et plusieurs

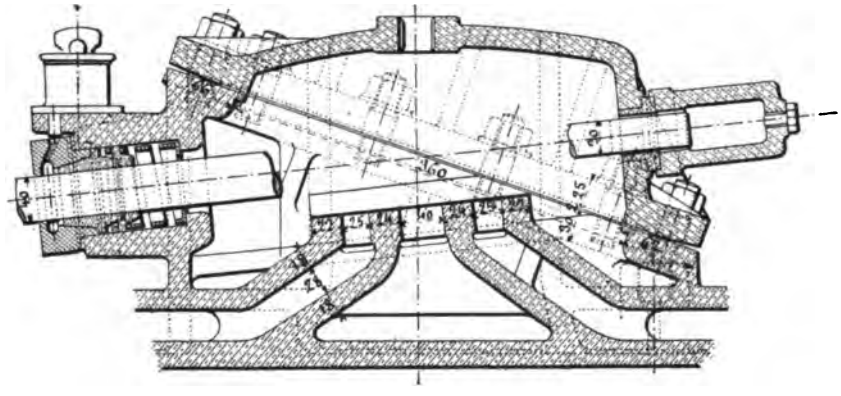


Fig. 550. — Boîte à tiroir et couvercle ; type allemand.

administrations renoncent peu à peu à la petite complication qu'ils entraînent, préférant que cette opération ne se fasse que dans les ateliers.

Le tiroir ordinaire à coquille a pour lui le mérite de la simplicité, mais il présente plusieurs inconvénients reconnus.

Au point de vue de la distribution, il offre ce grave défaut qu'il ne permet pas de faire varier, indépendamment les unes des autres, les différentes phases du cycle : l'avance à l'échappement et la compression prennent une valeur plus grande à mesure que l'on diminue l'introduction. En outre la vapeur, pour pénétrer dans le cylindre et en sortir, doit traverser des conduites dont les coudes déterminent des pertes de charge tandis que leur volume excessif accroît d'autant celui des espaces morts. Leur surface refroidissante, exposée tantôt à l'action de la vapeur d'admission tantôt à celle de la vapeur d'échappement, entraîne des condensations nuisibles.

L'augmentation du degré de détente étant produite par la réduction de la course du tiroir, aux grandes vitesses qui correspondent, pour la locomotive, aux faibles admissions, les lumières n'ouvrent plus que très peu et offrent une section d'autant plus insuffisante que l'ouverture et la fermeture se font avec lenteur — la course du tiroir se trouvant diminuée — d'où résulte

Digitized by Google

un phénomène connu sous le nom de *laminage de la vapeur* et une diminution de la pression moyenne effective sur le piston.

Au point de vue du rendement mécanique de la machine, le tiroir ordinaire à l'inconvénient de créer un frottement assez considérable puisqu'il est pressé sur sa glace par la vapeur à la pression de la boîte à tiroir. Outre la perte de travail qui en est la conséquence, il peut en résulter des grippages et des avaries des glaces.

Pour remédier à quelques-uns des inconvénients du premier genre, on a, tout en conservant les dispositions générales du tiroir ordinaire et sa grande simplicité, cherché à le modifier de façon à réduire la perte de charge due au laminage. Plus récemment on a essayé, surtout en France, quelques applications de nouvelles distributions à obturateurs indépendants, avec ou sans déclic, qui ont fait l'objet d'une étude spéciale dans un autre chapitre et sur lesquelles nous n'avons pas à revenir.

Pour parer aux inconvénients de la seconde espèce, on a eu recours à l'emploi de tiroirs naturellement équilibrés ou de compensateurs propres à soulager les tiroirs ordinaires d'une notable fraction de la pression qui s'exerce sur eux. Nous examinerons avec quelque détail cette question que l'élévation du timbre des locomotives rend de jour en jour plus intéressante.

267. Tiroir à canal. — Les tiroirs à orifices multiples, si généralement usités dans la marine, sont trop encombrants et trop lourds pour que l'on

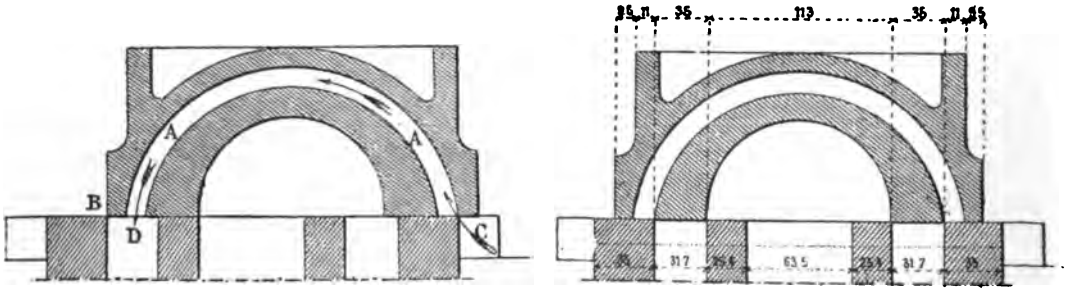


Fig. 551. — Tiroir Trick ou à canal.

ait pensé à les appliquer aux locomotives. La grande vitesse de piston de ces machines en aurait pû rendre l'emploi désirable, n'eut été la propriété particulière de ces machines que leurs cylindres, étant proportionnés surtout en vue du démarrage, se trouvent trop grands pour la marche en vitesse ; cela nécessite un accroissement du degré de détente auquel contribue le laminage dû à l'insuffisante section des orifices. Ce qui aurait été un inconvénient grave dans tout autre type de machine à vapeur n'est plus ainsi dans

Digitized by Google

la locomotive qu'une imperfection un peu secondaire. Toutefois, on peut être conduit dans certains cas à aller trop loin dans cette voie et à provoquer une perte notable de puissance par l'étranglement des lumières ; on peut alors avoir recours avec avantage au tiroir à canal dit aussi de *Trick* ou d'*Allen* et dont la première application, d'après M. A. Mallet, aurait été faite par la maison Kessler aux locomotives Engerth construites pour la Compagnie du *Midi* de la France en 1854.

Ce tiroir ne diffère du distributeur ordinaire à coquille que par l'addition d'un canal, pratiqué à son intérieur, faisant communiquer deux lumières percées dans les bandes de frottement transversales formant recouvrement (fig. 551 et 552). Au commencement de l'admission, la vapeur peut affluer dans le conduit du cylindre à la fois par le bord extérieur correspondant de la bande du tiroir et par le canal dans lequel la vapeur s'introduit par l'ori-

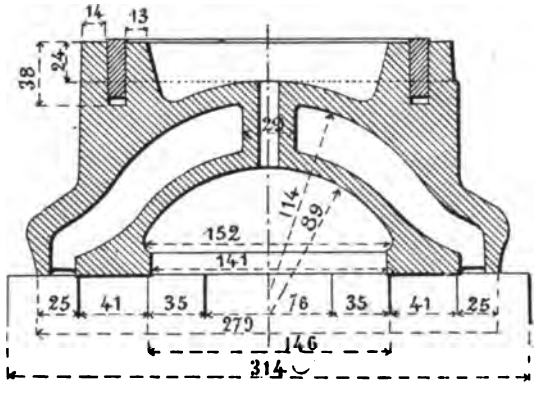


Fig. 552. — Tiroir Trick, de locomotive américaine, avec compensateur Richardson.

fice opposé qui est à ce moment démasqué par l'arête de la table. La section de passage se trouve ainsi fortement augmentée.

Ce tiroir est très répandu aux Etats-Unis et on le retrouve sur beaucoup de machines du continent européen. En Angleterre, il est à peu près inusité et, en France, on ne le retrouve guère que sur les locomotives compound à quatre cylindres de la *Compagnie P.-L.-M.*

Un ingénieur américain M. Henderson a soumis le tiroir Trick à des investigations comparatives effectuées dans les conditions de la pratique, sur la locomotive d'expérience de l'université de Purdue, dont nous avons parlé dans un autre chapitre, ayant des cylindres de 0,431 m. de diamètre et de 0,609 m. de course et fonctionnant à une pression de 10 kg.

Le tableau ci-après que nous empruntons à un mémoire de M. A. Mallet, indique que, malgré des anomalies dont il ne faut pas s'étonner en présence de la délicatesse des opérations à effectuer et des difficultés inhérentes au relevé d'un grand nombre de diagrammes sur une machine à grande

Digitized by Google

COMPARAISON ENTRE LE TIROIR ORDINAIRE ET LE TIROIR A CANAL

VITESSES en kilomètres à l'heure.	CRAN I Admission : 0,91				CRAN II Admission : 0,76				CRAN III Admission : 0,59				CRAN IV Admission : 0,40				CRAN V Admission : 0,28			
	p	*p'*	a	*a'*	*p*	*p'*	*a*	*a'*	*p*	*p'*	*a*	*a'*	*p*	*p'*	*a*	*a'*	*p*	*p'*	*a*	*a'*
16	6,47	5,33	17	—	5,76	6,25	—	8	—	—	—	—	3,19	3,82	—	19	2,60	3,16	—	22
32	5,78	5,02	15	—	5,15	4,08	26	—	4,65	4,80	—	3	2,84	3,35	—	17	2,22	2,66	—	20
48	3,98	3,76	6	—	—	—	—	—	3,45	3,94	—	14	2,33	3,05	—	31	1,62	2,11	—	30
64	—	—	—	—	3,22	2,79	19	—	2,85	3,40	—	19	2,08	3,00	—	45	1,19	1,82	—	52
80	—	—	—	—	—	—	—	—	2,06	2,35	—	14	1,74	2,01	—	15	1,17	1,43	—	22
96	—	—	—	—	—	—	—	—	1,82	2,20	—	21	1,31	1,56	—	20	0,88	1,37	—	56

p. Pression moyenne effective sur le piston en kilogrammes par centimètre carré, avec le tiroir ordinaire.

p'. — — avec le tiroir à canal.

a. Augmentation 0/0 en faveur du tiroir ordinaire

a'. — — tiroir à canal.

N. B. — *p* et *p'* sont rapportés à une pression de 7 *kg* par centimètre carré dans la boite à tiroir.

Digitized by Google

vitesse, le tiroir à canal donne une augmentation très nette de la pression moyenne effective sur les pistons, du moins pour les petites admissions. Cette augmentation est de 20 0/0 en moyenne et s'est élevée exceptionnellement jusqu'à 50 0/0.

Le tiroir à canal, sans l'addition d'aucun organe, permet donc de compter sur une augmentation du volume de vapeur admis par course dans les cylindres; comme tel, il convient donc surtout aux machines ayant des cylindres un peu faibles. Malheureusement, n'ayant d'action que sur l'admission, il ne résout qu'un des côtés de la question et ne facilite pas le dégagement de la vapeur d'échappement, autrement dit ne permet pas de réduire la valeur de la contre-pression devant le piston qui est, dans certaines locomotives, le principal obstacle à l'augmentation de la vitesse, surtout avec des charges un peu lourdes, la chaudière fût-elle en état de fournir plus de vapeur. Il aurait au contraire un effet complètement opposé en permettant l'introduction d'un plus grand volume de vapeur par course sans offrir le moyen d'en favoriser l'échappement.

268. Le travail de frottement absorbé par les tiroirs est proportionnel à leur surface et à la différence des pressions qui s'exercent sur leurs deux faces. Il peut être assez considérable et s'élever jusqu'à 2 et 3 0/0 du travail total développé. En outre, et c'est là en pratique un inconvénient plus grave, la pression totale exercée sur le tiroir impose au mécanisme de distribution un effort excessif. Si en effet le travail absorbé par le tiroir est en somme assez faible, l'effort qui lui donne naissance sera relativement beaucoup plus considérable à cause de la course réduite du distributeur. Celle-ci étant par exemple six fois moindre que la course du piston, l'effort que l'on devra vaincre pourra être égal aux 0,12 de la poussée totale sur le piston. Encore cela suppose-t-il que les surfaces frottantes du tiroir et de la glace sont en bon état et que le graissage s'effectue régulièrement.

Ces efforts considérables entraînent à donner à tous les organes constituants le mécanisme de distribution des sections excessives, d'où augmentation du poids et du prix de revient. En outre, le déplacement des coulisses, pour changer la marche ou le degré d'admission, exige des mécaniciens un effort plus grand.

Le travail absorbé par les tiroirs des locomotives a fait l'objet de nombreuses recherches expérimentales, entre autres par MM. Adams, Beattie, Robinson, Giddings et Aspinall. Les résultats trouvés par eux ne sont pas très concordants comme l'indique le tableau ci-après[1] :

[1] Voir « *Résultats de diverses expériences sur le frottement des tiroirs de locomotives* ». *Revue Générale des Chemins de fer*, numéro de Septembre 1890.

Digitized by Google

NOM de l'expérimentateur.	FROTTEMENT au départ.	FROTTEMENT en mouvement.	DIMENSIONS des tiroirs.	PRESSION dans la chambre du tiroir.
	Kilogrammes.	Kilogrammes.	Millimètres.	Kilogrammes.
Adams	»	4 400	470 × 250	11,20
Beattie	2 780	2 080	432 × 265	8,75
Halpin	1 180	»	425 × 250	5,60
Aspinall	»	594	420 × 250 (1)	9,40
—	»	495	» (2)	9,80
—	»	440	» (3)	9,10

(1) Tiroir Allen en bronze, pleine course.
(2) Tiroir en bronze ordinaire, pleine course.
(3) Tiroir en fonte, pleine course.

Les expériences de M. Aspinall donnent des chiffres très faibles qui pourraient étonner, n'étaient la haute valeur de l'expérimentateur et les procédés très exacts de ses recherches, d'autant plus qu'ils correspondent à un coefficient de frottement de 0,068 pour le tiroir Allen par exemple. Or la valeur de ce coefficient est généralement considérée comme égale à 0,08 ou 0,09 cm. pour les surfaces parfaitement graissées, ce qui n'est certes pas toujours le cas des tiroirs de locomotives.

Il semble en tout cas que l'on compte souvent, dans les chemins de fer, le coefficient de frottement des tiroirs à un taux un peu trop élevé (M. Couche indique 0,3), et que l'on pourrait sans inconvénient se rapprocher du chiffre adopté d'ordinaire pour les machines marines, soit de 0,10 à 0,12. Il est vrai que l'influence du graissage est assez sensible comme l'indique le tableau ci-annexé résumant une centaine d'expériences effectuées sous la direction de M. Aspinall.

M. Aspinall a trouvé que, pour une locomotive fonctionnant à très petite vitesse (56 tours par minute) et développant une puissance indiquée de 343 et 212 chev., le travail résistant des tiroirs était respectivement de 4,6 et 4,8 chev., soit de 1,34 à 2,26 0/0 de la puissance-indiquée.

Ces chiffres sont assez bas et il nous paraît difficile de les admettre dans la pratique courante autrement que pour des machines très soignées et bien graissées. On ne doit pas oublier, en outre, que ces essais ont porté sur des machines dans lesquelles la pression à la boîte à tiroir ne dépassait pas de 8 à 9 kg. alors que beaucoup de locomotives sont timbrées aujourd'hui entre 13 et 15 kg. et que, à la marche lente tout au moins, la chute de pression entre la chaudière et la boîte à tiroir est assez faible.

Quoi qu'il en soit, il est intéressant de chercher à diminuer, dans toute la mesure du possible, la résistance opposée par les tiroirs, surtout si le bénéfice obtenu ainsi n'est pas contre-balancé par de sérieux inconvénients.

Digitized by Google

EXPÉRIENCES DE M. ASPINALL

CRAN de distribution.	COURSE du tiroir.	POUSSÉ ou tiré.	TOURS par minute.	RÉSISTANCE du tiroir.	PRESSION dans la boîte.	PRESSION de la chaudière.	GRAISSAGE	NATURE du tiroir.	OBSERVATIONS
	MM.			Kg.	Kg.	Kg.			
Pleine marche avant.	89	Tiré. . . .	56	360	8,40	9,80	Versé dans l'huile au départ, puis fonctionné avec le graisseur Ramsbottom à déplacement.	Tiroir ordinaire en bronze de 420 × 265 mm.	Tiroir et glace en bon état.
— . . .	»	Poussé. . .	»	401	8,41	»			
1/4 avant	60	Tiré. . . .	»	407	9,10	»			
—	»	Poussé. . .	»	450	8,80	»		»	»
Pleine marche avant.	89	»	»	717	8,54	»	Graisseur Ramsbottom à déplacement dans la boîte à fumée et débitant au tuyau d'admission de vapeur.	»	»
— . . .	»	Tiré. . . .	»	730	8,50	»		»	»
1/4 avant	57	Poussé. . .	»	1 030	9,15	»		»	»
—	»	Tiré. . . .	»	935	9,10	»		»	»
Pleine marche avant.	82	Poussé. . .	168 à 224	762	6,50	»	Diagrammes relevés pendant un parcours de 80 km. sans graissage.	»	Tiroir en état moyen.
— . . .	»	Tiré. . . .		645	6,40	»		»	
Milieu.	51	Poussé. . .		1 683	8,40	»		»	»
—	»	Tiré. . . .		1 120	9,10	»		»	»
Pleine marche avant.	82	»	56	700	7,35	»	Graisseur à gouttes visibles, 7 gouttes par minute.	»	»
Milieu.	54	»	»	910	9,08	»		»	»
Pleine marche avant.	82	»	»	540	7,35	»	Graisseur à gouttes visibles, 60 gouttes par minute.	»	»
Milieu.	54	»	»	717	9,09	»		»	»
Pleine marche avant.	83	»	85	614	9,15	11,20	Ramsbottom à déplacement dans la boîte à fumée débitant au tuyau d'admission.	Tiroir Allen en bronze de 420 × 250 mm.	Tiroir en bon état, glace un peu tendre.
— . . .	»	Poussé. . .	»	650	9,15	»			
Milieu.	54	»	»	780	10,5	»			
Pleine marche avant.	82	»	»	785	9,15	»		»	»
—	»	Tiré. . . .	»	758	9,14	»	»	»	»
—	»	Poussé. . .	»	760	9,10	»	»	Tir. ord. en fonte de 420 × 250.	Tiroir très éraillé, glace douce.
—	»	Tiré. . . .	»	685	9,16	»	»		
—	»	Poussé. . .	»	544	9,12	»	»	Tiroir en bronze de 420 × 250.	Tiroir en bon état, glace douce.
—	»	Tiré. . .	»	467	9,14	»	»		
—	»	Poussé. . .	»	450	8,45	»	»	Tiroir en fonte de 420 × 250.	Tiroir et glace en excellent état.
—	»	Tiré. . . .	»	453	8,35	»	»		

Digitized by Google

Pour diminuer le frottement des tiroirs, certains constructeurs pratiquent, sur la surface en contact avec la table, une série de petite cavités de 10 à 15 mm. de diamètre et de 3 à 4 mm. de profondeur, aussi rapprochées que possible. La vapeur vient remplir ces cavités, ce qui soulage d'autant le tiroir de la pression exercée sur sa face supérieure et concourt à lubréfier les surfaces frottantes.

Quelques Compagnies remplissent ces trous de métal blanc (fig. 546, 547); celles de l'*Ouest*, l'*Est* et d'*Orléans* par exemple.

Les tiroirs des locomotives de la *Compagnie de l'Est*, en bronze, sont munis de macarons en régule, dont les diamètres varient entre 10 et 18 mm. à la partie cylindrique, avec 3 à 4 mm. de conicité dans le fond. Les grands diamètres présentent l'inconvénient de donner lieu à des communications dans le fond des trous, ce qui produit des pertes de vapeur directes par l'échappement en cas de déréglage. En outre, comme pour user les tiroirs à fond on est presque toujours obligé de passer un foret dans les trous pour obtenir un nouveau et solide étamage, ceux-ci doivent être assez réduits pour se prêter à cette opération. La surface régulée est limitée entre 25 et 33 0/0 environ de la surface totale du frottement, les trous n'excédant pas 14 ou 15 mm., avec une conicité de 3 mm. dans le fond, sur 3 ou 4 mm. de hauteur ; leur profondeur sera déterminée de façon à conserver une épaisseur de 15 mm. au moins, entre le fond et la surface opposée, celle qui ne s'use pas.

Les macarons des petites bandes ont un diamètre plus réduit, 10 à 12 mm., pour obtenir une meilleure répartition de la surface régulée.

269. Tiroirs équilibrés. — Pour diminuer la pression agissant sur les tiroirs, on peut avoir recours à l'emploi de *compensateurs*. On appelle ainsi un appareil frottant sur une autre glace parallèle et monté, par un joint étanche et mobile ou une membrane élastique, sur le dos du tiroir. Le compensateur supprime la pression de la vapeur sur une portion déterminée de la surface du tiroir.

Ce qui tend à prouver l'efficacité réelle de cet appareil quand il est bien conçu, c'est que, dans toutes les locomotives américaines dont les tiroirs sont munis de compensateurs, les organes de la distribution : tiges de tiroirs, leviers et axes de renvoi, coulisses et barres d'excentriques sont toujours d'une extrême légèreté paraissant au premier abord disproportionnée à la puissance de la machine. Le relevage, en outre, s'opère invariablement au moyen d'un levier que l'on manœuvre très facilement d'une seule main, à tous les crans de marche. L'effort nécessaire pour mettre en mouvement les tiroirs est donc relativement faible, ce qui est dû, quand le régulateur est fermé, aux systèmes particuliers de garnitures métalliques en usage, serrant

Digitized by Google

peu les tiges et, lorsque le régulateur est ouvert, aux compensateurs qui soulagent ces tiroirs de la presque totalité de la pression qu'exerce la vapeur sur leur face supérieure.

Quelques types de tiroirs équilibrés ont été usités en France, mais sans grand succès jusqu'ici, entre autres celui de M. Adams sur les express, type Outrance, de la *Compagnie du Nord*. Il y a lieu de citer aussi l'emploi des tiroirs-pendules Dutheil sur quelques locomotives de la *Compagnie d'Orléans*, des tiroirs Urquhart en Russie, etc. Ce ne sont là que des exemples isolés, tandis que la pratique américaine nous offre un ensemble des plus concluants et nous montre, d'après les résultats obtenus, que les avantages des compensateurs de tiroirs sont réellement marqués sans être contre-balancés par aucun inconvénient[1]. Il est vrai de dire que la disposition des tiroirs des locomotives aux États-Unis se prête très bien à leur emploi, les glaces sont horizontales et la capacité des boîtes n'est pas limitée, comme c'est le cas dans la plupart des machines européennes. Il y a lieu toutefois de remarquer que la distribution Walschaërt permet de placer les tiroirs à peu près comme ceux des machines américaines.

Les compensateurs, usités aux États-Unis, non exceptionnellement à titre d'expérience, mais d'une manière absolument générale, se composent tous essentiellement d'une glace, solidaire du couvercle de la boîte, parallèle à la table du tiroir vers laquelle elle est tournée, et où viennent s'appliquer des barrettes, des bagues ou des platines en fonte se mouvant avec le tiroir, à la partie supérieure duquel elles sont fixées de manière à former un joint à la fois étanche et élastique. La partie de la glace supérieure qui est comprise à l'intérieur de ces bagues n'est pas soumise à l'action de la vapeur; pour éviter même que des fuites, si légères soient-elles, ne viennent peu à peu rétablir la pression à l'intérieur du compensateur, la capacité centrale de ce dernier est en communication constante avec l'échappement. La surface du tiroir, soumise à la pression de la vapeur, est diminuée de l'aire comprise à l'intérieur des bagues ou platines constituant le compensateur.

Nous rappellerons en outre que les tiroirs des locomotives américaines sont, sans exception, disposés horizontalement au-dessus des cylindres toujours horizontaux eux-mêmes et extérieurs.

Le système *Richardson* ou *Morse*, le plus ancien et le plus usité encore, est représenté figure 553. Il se compose essentiellement de barrettes parallèles deux à deux et formant les quatre côtés d'un rectangle dont la surface est soustraite à l'action de la vapeur. Les extrémités des barrettes transversales sont ajustées sur les autres barrettes placées comme elles à l'intérieur

[1] Voir notre article « *Les compensateurs des tiroirs usités sur les locomotives américaines* » (*Revue Générale des Chemins de fer*, numéro d'Août 1895). Voir aussi une note sur le même sujet dans le numéro de Septembre 1896.

Digitized by Google

de rainures pratiquées à la partie supérieure du tiroir. Leur partie supérieure, dressée, s'applique par l'action des ressorts logés en dessous, sur

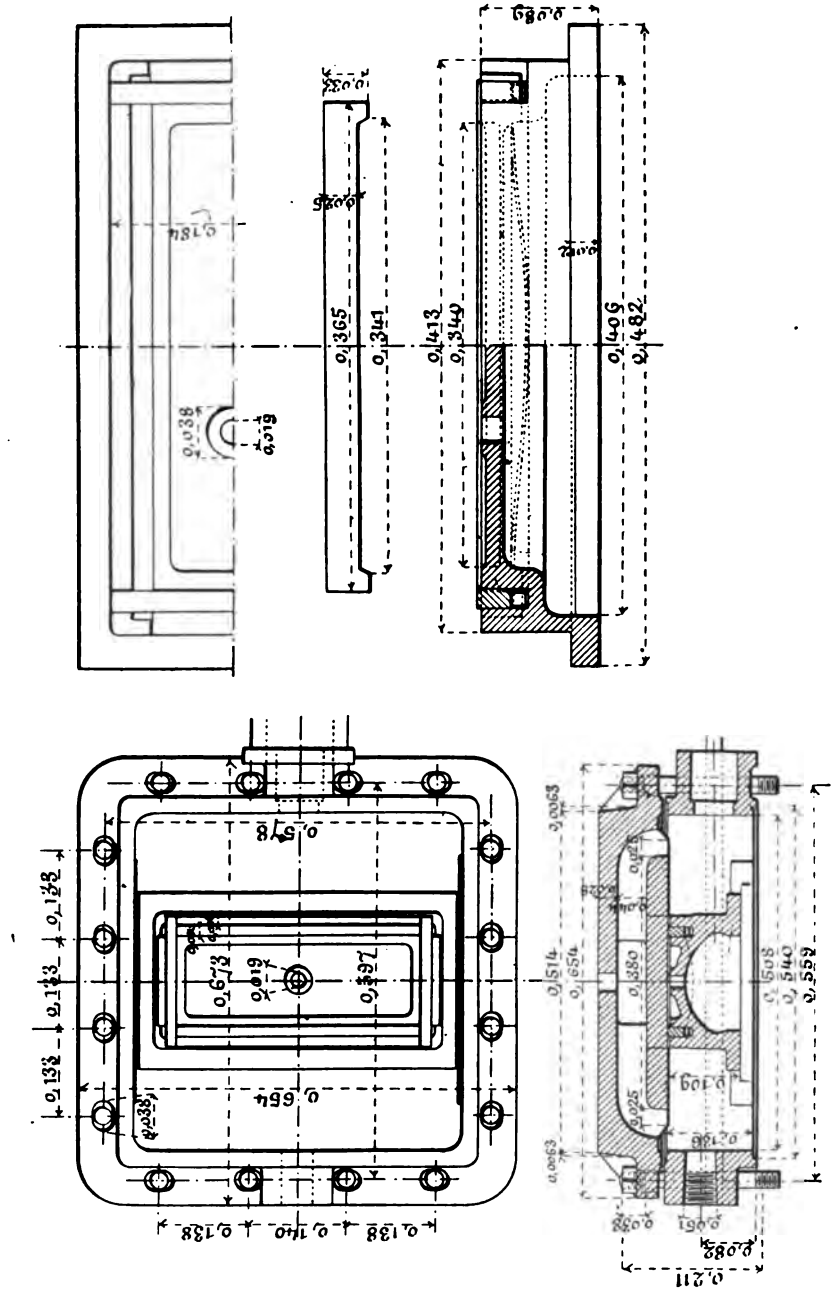


Fig. 553. — Tiroir américain avec compensateur de Richardson. Ensemble et détails.

une glace faisant partie du couvercle de la boîte à tiroir. Un trou, de 18 à 20 mm., fait communiquer l'intérieur de la cavité centrale, isolée par ces barrettes, avec l'intérieur du tiroir et par conséquent avec l'échappe-

Digitized by Google

ment. Le trou n'a pas seulement pour but d'empêcher la pression de s'éta-

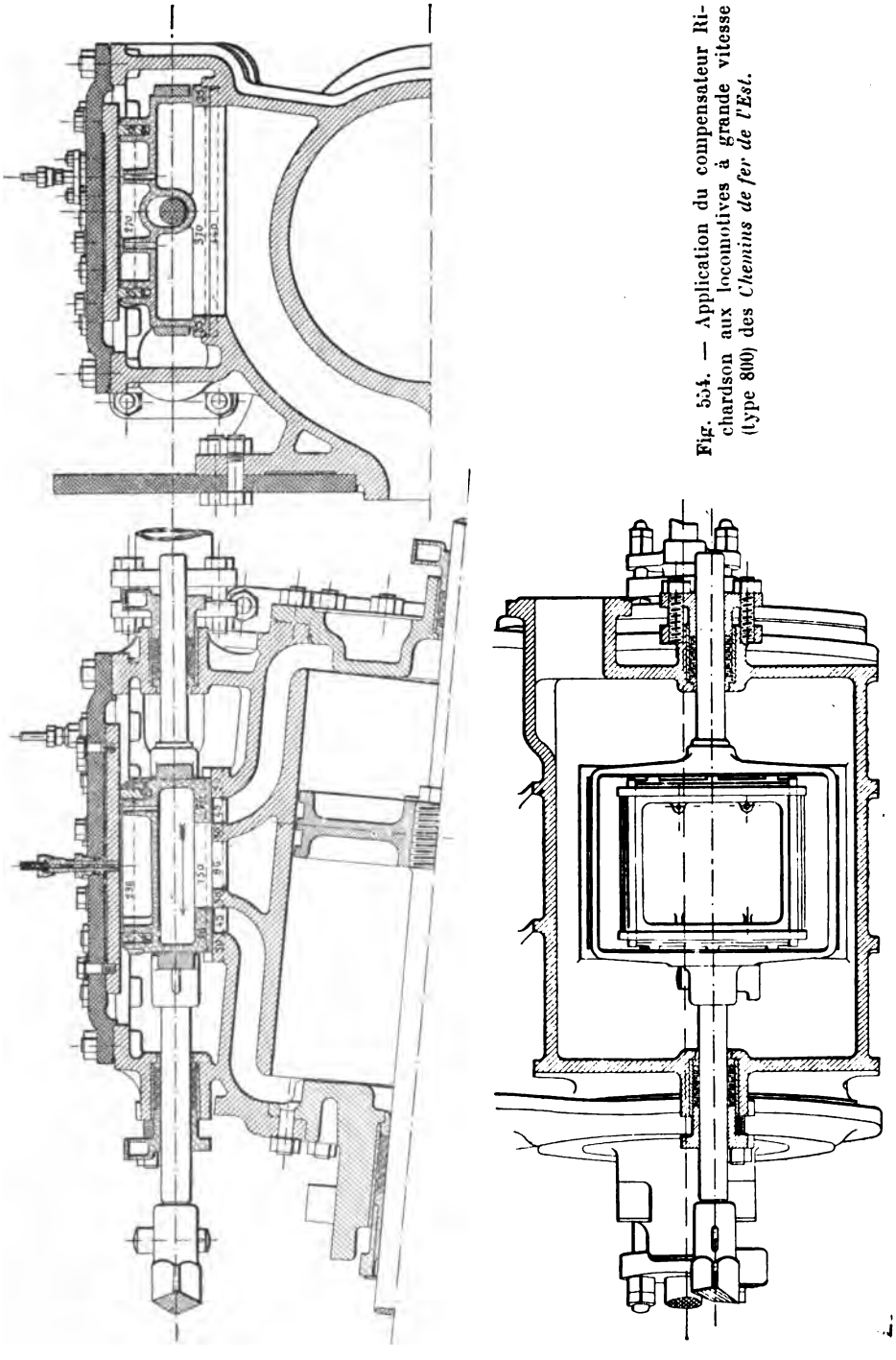


Fig. 554. — Application du compensateur Richardson aux locomotives à grande vitesse (type 800) des *Chemins de fer de l'Est.*

blir sur le tiroir en cas de fuite aux barrettes; il sert aussi à prévenir le

Digitized by Google

soulèvement de ce dernier pour la marche à régulateur fermé, sous l'action du vide produit dans la boîte par l'aspiration du piston.

D'ailleurs, les boîtes à tiroir des locomotives américaines sont toutes munies de soupapes de rentrée d'air qui, utiles en général, sont dans l'espèce *indispensables* au bon fonctionnement des tiroirs équilibrés dont les organes, assez délicats, se détérioreraient si le tiroir venait à se soulever brusquement et à retomber alternativement sur son siège lorsque la machine est en mouvement et que le régulateur est fermé.

Comme les barrettes ne dépassent que de quelques millimètres (environ 2 à 3 mm.) la partie supérieure du tiroir, les fuites qui pourraient se produire, à la jonction des barrettes transversales et longitudinales, ne peuvent être qu'insignifiantes.

On trouvera, figure 552, le même appareil adapté à un tiroir Trick à deux orifices.

Tel est le système, simple et cependant efficace, qui est appliqué à l'immense majorité des locomotives américaines en service; le brevet est aujourd'hui tombé dans le domaine public. On reproche cependant à ce dispositif de donner lieu à une usure assez rapide. Les barrettes prennent vite du jeu dans leurs rainures et l'on ne peut y obvier que par leur remplacement qui présente quelquefois des difficultés, les rainures s'usant inégalement suivant leur hauteur.

Pour diminuer l'usure de la table du compensateur et des barrettes, toujours assez étroites (15 mm. environ), MM. Baldwin adoptent quelquefois le dispositif Delancey. Le tiroir est disposé comme ci-dessus, mais les barrettes au lieu de frotter directement sur la glace supérieure, viennent s'appliquer sur un cadre entraîné par le tiroir au moyen d'un talon. Le cadre, en fonte et d'une seule pièce, porte à sa partie supérieure, élargie, qui constitue la surface frottante, de profondes pattes d'araignées, qui facilitent le graissage en même temps qu'elles empêchent la vapeur de s'accumuler entre les deux surfaces frottantes et de soulever le cadre.

La glace supérieure est constituée par une plaque en fonte rapportée, reposant sur la table de tiroir et serrée au moyen de vis. En venant limer la partie inférieure de ces supports et en serrant la vis, on peut opérer un rattrapage de jeu qui n'existe pas dans le système précédent.

Ce dispositif est plus rationnel, mais plus compliqué et plus lourd que celui de Richardson.

MM. Baldwin emploient, depuis quelques années, le compensateur Barnes.

La partie supérieure du tiroir, de forme rectangulaire, terminée par deux demi-cercles est embrassée par un cadre en fonte de même forme, en section à I. La partie intérieure de ce dernier, parfaitement dressée, vient s'appliquer très exactement sur la paroi extérieure du tiroir. Le cadre, raboté

Digitized by Google

et poli sur sa face supérieure, forme joint sur la glace du compensateur contre laquelle il frotte et où il est appliqué par de petits ressorts à boudins logés dans des cavités spéciales et qui viennent s'appuyer sur le haut du tiroir. L'étanchéité du joint avec le tiroir est assurée par une garniture d'amiante appliquée contre le cadre par la pression de la vapeur

Les compensateurs circulaires, d'exécution plus facile, jouissent actuelle-

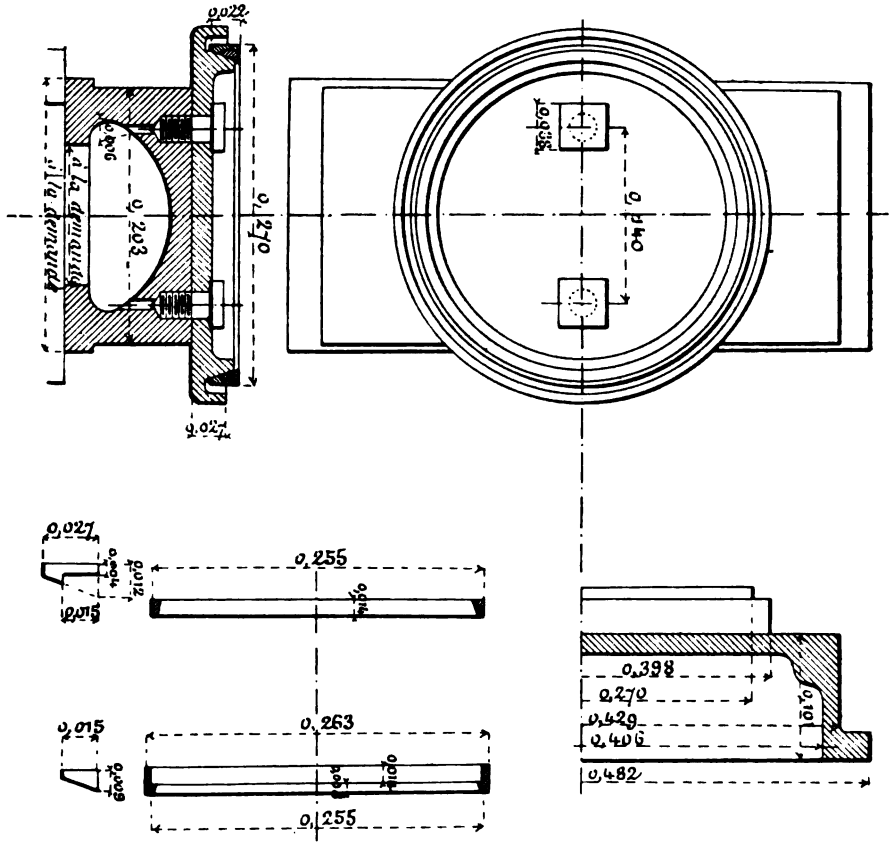


Fig. 555. — Tiroir américain muni du compensateur *American balance Valve* (*Baldwin*).

ment d'une grande faveur et paraissent appelés à remplacer dans l'avenir les autres systèmes.

Le premier système a été appliqué par les ateliers Rogers à plus de 100 machines; c'est le compensateur *Margach*.

Cet appareil se compose d'un cylindre creux, de faible hauteur, environ 30 mm., venu de fonte sur le dessus du tiroir et tourné extérieurement. Il communique par un trou percé au centre, avec la cavité intérieure du tiroir.

Le cylindre est embrassé par un cercle en fonte alésé et ajusté à frottement doux dont la partie supérieure, rabotée et percée de nombreux trous,

Digitized by Google

vient coulisser sur la glace du compensateur. Une bague, analogue aux segments de piston, assure l'étanchéité du joint entre le bossage du tiroir et le cadre. Ce dernier est normalement appliqué sur la glace par le moyen de ressorts à boudin logés dans l'épaisseur du tiroir. Chaque tiroir porte deux compensateurs semblables, placés côte à côte, et ne débordant pas de part et d'autre, ce qui permet de ne pas augmenter, lors d'une application nouvelle à une machine existante, la longueur de la boîte à vapeur.

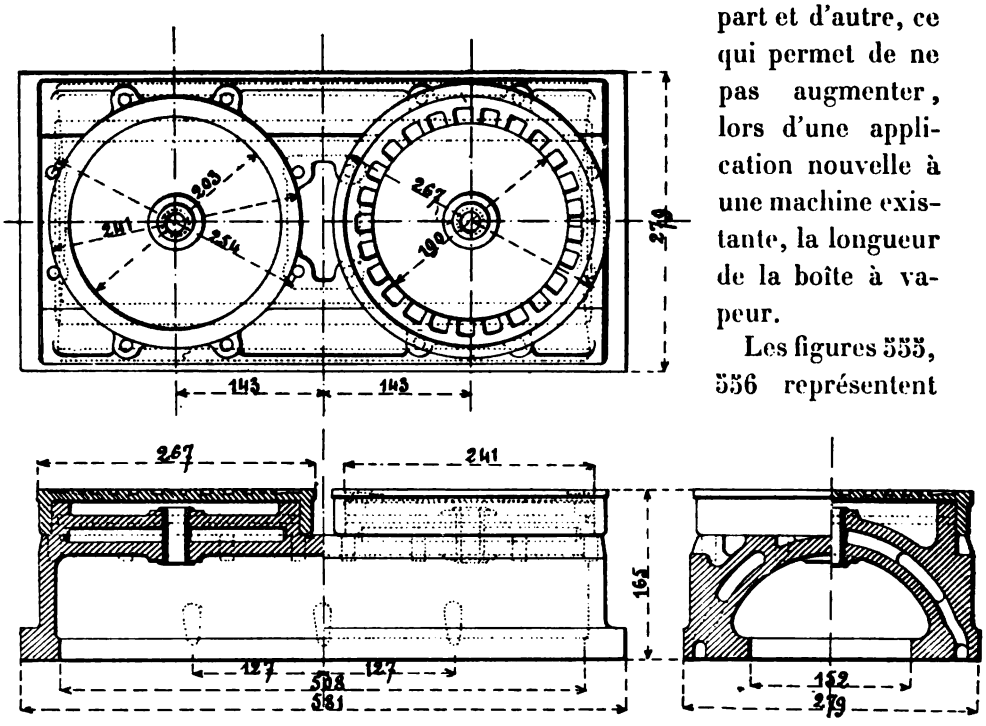


Fig. 556. — Tiroir américain avec compensateurs du type *American balance Valve* (*Rogers*).

Les figures 555, 556 représentent le compensateur connu sous le nom d'*American balance Valve* et qui se répand rapidement.

Comme dans le système précédent, chaque tiroir comporte ordinairement deux de ces appareils placés côte à côte.

Le dispositif constitue une simplification de celui que nous venons d'examiner, en ce sens que c'est le segment, chargé de faire joint sur le bossage du tiroir, qui forme lui-même la platine de frottement du compensateur.

L'intérieur de la bague, qui est fendue comme un segment de piston, et l'extérieur du bossage, sont coniques. Il en résulte que cette bague est repoussée vers la table supérieure par sa propre bande augmentée de la pression exercée par la vapeur sur sa circonférence. Cette conicité permet en outre au système de fonctionner convenablement au cas où la glace du tiroir et la table du compensateur ne seraient pas rigoureusement parallèles. La

Digitized by Google

bande du segment mobile s'oppose au soulèvement du tiroir lors de la marche à régulateur fermé.

Dans l'appareil, tel qu'il est représenté figure 555, le compensateur est rapporté sur le tiroir au moyen de deux vis diamétralement opposées percées chacune suivant son axe, d'un trou établissant la communication avec l'échappement.

La figure 556 représente une application de ce compensateur faite par les ateliers Rogers à de nombreuses machines, bien que le brevet date de cinq ans seulement. Les autres constructeurs commencent à l'appliquer d'une manière courante et quelques Compagnies, comme le *Southern Pacific*, l'*Union Pacific* et le *Chicago and North Western* l'ont adopté d'une manière à peu près exclusive.

La Société de l'*American Balance Valve* exposait à Chicago deux de ces compensateurs, démontés, provenant d'une machine du *Southern Pacific* et qui, d'après le certificat joint, avait parcouru 124 000 km. Les surfaces frottantes ne portaient aucune trace d'usure.

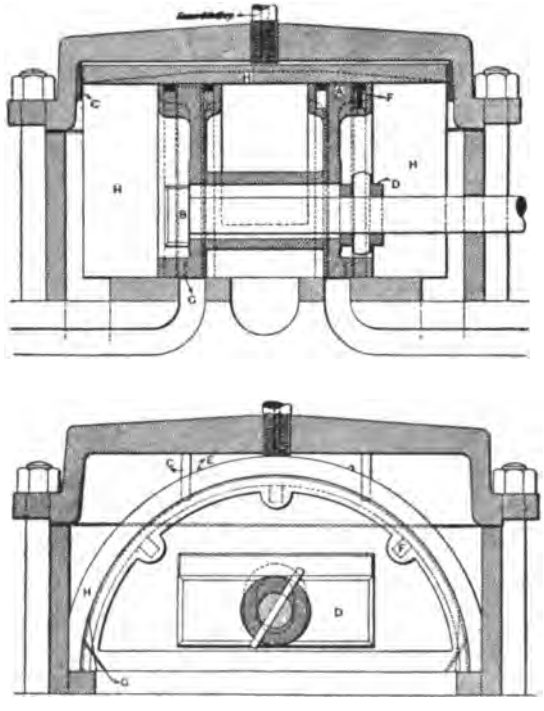


Fig. 557. — Tiroir compensé du système Gould.

On trouvera figure 557 le dessin, emprunté au *Railroad Gazette*, d'un nouveau compensateur appliqué, par M. W. F. Gould, sur des locomotives du *Des Moines and Northern RR.* et qui, jusqu'ici, a donné de bons résultats. Il se compose en somme d'un demi-tiroir cylindrique frottant par la partie plane formant la coupure sur la glace et par le moyen de segments, circulaires mais discontinus, sur une chemise également cylindrique qui est rapportée à l'intérieur de la boîte à tiroir. Ces segments sont pressés contre la chemise au moyen de petits ressorts à boudins placés à l'intérieur des cavités F. De petites rainures A, pratiquées entre ces segments, sont mises en communication avec les orifices de vapeur par les ouvertures G; cela permet d'augmenter la compensation du tiroir.

Ce système est plus encombrant que les précédents, mais il paraît se prêter

Digitized by Google

à une compensation et à une étanchéité plus complète. Il s'applique facilement aux machines existantes.

Pour donner une idée du développement qu'a pris, en Amérique[1], l'application des tiroirs équilibrés, nous résumons ci-après un rapport sur les tiroirs équilibrés, présenté, par une Commission nommée à cet effet, au 29e Congrès annuel des « Master Mecanics » américains, en juin 1896.

Ce rapport constate que, sur 10 934 locomotives appartenant à 50 administrations différentes, 7 241 sont munies de tiroirs équilibrés de divers types et 145 de tiroirs cylindriques. Ces derniers sont appliqués principalement sur des machines compound. Les tiroirs équilibrés sont répartis comme suit entre les divers systèmes :

5 945 Richardson — 482 Morse — 288 Barnes — 287 American — 42 Delancey — 30 Margach — 8 Leeds.

Ces chiffres sont intéressants en ce qu'ils montrent la faveur relative dont jouit actuellement chacun de ces systèmes.

La proportion de la surface équilibrée varie de 48 à 95/100 de la surface totale du tiroir; dans la plupart des cas elle est de 55 à 65/100 de cette surface totale.

D'après les renseignements fournis par les 50 administrations, l'usure des glaces et des tiroirs varie, avec les tiroirs équilibrés, de 0,5 mm. à 1 mm. pour 100 000 km. de parcours. *Cette usure est double et même triple avec les tiroirs ordinaires.* L'usure des autres organes de la distribution est réduite à peu près dans la même proportion par l'emploi des tiroirs équilibrés.

La Commission procéda à des essais comparatifs sur la locomotive du Laboratoire d'essais de l'Université de Purdue dont les cylindres ont 0,431 m. de diamètre et 0,610 m. de course et dont la chaudière fonctionne à 9,14 kg. La surface équilibrée des tiroirs essayés était de :

56/100 de la surface totale pour le tiroir « Richardson »;

61,5/100 de la surface totale pour le tiroir de l'American balance Valve, à compensateur unique;

66/100 de la surface totale pour le tiroir « American » à compensateur double.

La locomotive d'expérience marcha à des admissions variant de 0,1 à 0,74 de la course et à des vitesses correspondant à 16, 32 et 64 kilomètres à l'heure.

De ces essais, la Commission conclut qu'un tiroir ordinaire absorbe pour son mouvement deux fois autant de travail qu'un tiroir équilibré et pense que tel est bien ce qui se produit dans la pratique usuelle.

Comme conclusion, la Commission recommande la règle suivante pour la compensation des tiroirs :

[1] Le nombre total de locomotives américaines actuellement munies de compensateurs est évalué à 15 000.

Digitized by Google

« La surface équilibrée doit être égale à la somme des surfaces de la lumière « d'échappement des deux cloisons de séparation des lumières et de l'une des « lumières d'admission. »

Les termes de ce rapport semblent avoir été admis sans discussion.

L'emploi des compensateurs, ne permettant pas le soulèvement du tiroir, soit dans le cas d'un coup d'eau, soit pour la marche à régulateur fermé, nécessite celui de soupapes d'évacuation à ressort.

D'après M. Lewis, ingénieur en chef du *Delaware, Lackawana and Western RR.*, les tiroirs Allen des locomotives express de ce réseau effectuent un parcours de 50 à 60 000 km. sans avoir besoin d'être démontés ou visités. On n'a plus, avec l'emploi des appareils Richardson, à s'occuper des glaces de tiroirs que quand les machines rentrent aux ateliers en grandes réparations.

D'après M. Woodcock, ancien ingénieur de la traction du *Central Railroad of New Jersey*, on était forcé sur ce réseau, avant l'adoption des tiroirs équilibrés, c'est-à-dire antérieurement à 1884, de dresser les tiroirs des machines à grande vitesse toutes les six semaines, tandis qu'avec les tiroirs équilibrés on peut ne se livrer à cette opération que tous les 10 ou 12 mois.

Rappelons que l'emploi des compensateurs ajouté à celui de garnitures spéciales aux tiges de tiroirs a permis aux ingénieurs américains de conserver sur leurs locomotives, pour la commande du changement de marche, l'emploi du levier ordinaire que le mécanicien manœuvre très bien d'une seule main, même quand le régulateur est ouvert.

Le compensateur à barrettes, du type Richardson, a été récemment appliqué par la Compagnie de *P.-L.-M.* à quelques-unes de ses locomotives et par la Compagnie de l'*Est* à titre d'essai aux locomotives 3 005 et 840. Cette Compagnie pense d'ailleurs en étendre l'application notamment aux deux séries de locomotives 800 et 3 000, dans lesquelles la pression de la vapeur et la surface des tiroirs sont les plus considérables.

On a, en effet, dans ces locomotives :

		801 à 840	3 001 à 3 015
Timbre de la chaudière	kg.	12	13
Longueur des tiroirs	m.	0,440	0,406
Largeur des tiroirs	—	0,302	0,303
Surface des tiroirs	cm².	1 328,8	1 230,18
Pression sur la surface du tiroir en admettant que la pression de la vapeur dans la boîte à tiroirs soit égale à la pression du timbre	kg.	15 945,6	15 992

Etant donné l'intérêt qui s'attache à cette question, actuellement à l'ordre du jour, nous donnerons ci-dessous, d'après une *Note technique* de la Com-

Digitized by Google

pagnie de l'*Est*, une description détaillée du compensateur à barrettes et quelques indications nécessaires pour son ajustage et son montage.

La figure 554 montre les dispositions d'ensemble de l'application faite à la locomotive N° 840.

Sur le plateau de la boîte à vapeur est rapportée une table en fonte dure destinée à servir de table de frottement au compensateur du tiroir.

Cette table a eu ses deux surfaces de fixation, sur le plateau de la boîte à vapeur et de frottement du compensateur, dressées de telle façon que la surface de frottement soit aussi exactement que possible parallèle à la glace du cylindre.

En constituant la table de frottement d'une pièce indépendante du plateau, on a pour but de réduire la distance des deux surfaces frottantes du tiroir et du compensateur lorsque cela est devenu nécessaire par suite d'usure, et éviter une trop grande saillie, au-dessus des rainures du tiroir, des réglettes constituant le compensateur. D'après les ingénieurs américains, cette disposition est nécessaire pour le bon fonctionnement et le facile entretien des tiroirs équilibrés.

Cette réduction de distance est obtenue en intercalant des cales d'épaisseur convenable entre la face de la table de frottement et le plateau, aux points où ces deux pièces sont réunies par les vis qui servent à les assembler.

On a ménagé, sur le dos du tiroir qui est de la forme ordinaire, une surface limitée par quatre rainures à angle droit. Deux de ces rainures sont placées transversalement et les deux autres parallèlement au sens du mouvement du tiroir. Deux canaux mettent en communication, avec le creux du tiroir, la capacité comprise entre les parois intérieures des rainures. Pour plus de facilité dans l'exécution du travail d'ajustage des parois intérieures des rainures, celles-ci ont été débouchées complètement à leurs extrémités et quatre goujons, destinés à former arrêt, ont été vissés à leurs points d'intersection.

Le compensateur est formé de quatre barrettes ou réglettes en fonte destinées à être encastrées dans les rainures ménagées sur le dos du tiroir.

Ces réglettes ont une section rectangulaire; elles sont découpées à leurs extrémités : les réglettes longitudinales pour recevoir les réglettes transversales et celles-ci de façon à se placer à cheval sur les premières.

Les emmanchements ainsi réalisés ont pour but : de produire l'entraînement, dans le mouvement du tiroir, des barrettes longitudinales et de déterminer, entre les réglettes, un joint étanche pour éviter le passage direct de la vapeur à l'échappement.

L'entraînement des barrettes longitudinales est obtenu par l'intermédiaire de la portée de leurs sections extrêmes sur les surfaces extrêmes des barrettes

Digitized by Google

transversales. Les barrettes transversales sont, en effet, forcément entraînées dans le mouvement du tiroir par les parois des rainures dans lesquelles elles sont placées, mais il n'en va pas de même des réglettes longitudinales que la pression sur la surface de frottement tend à immobiliser.

L'encastrement des deux réglettes transversales entre les deux réglettes longitudinales s'oppose, d'autre part, à ce que celles-ci puissent sortir, suivant leur longueur, de la rainure dans laquelle elles sont placées.

Enfin, les talons que les barrettes portent en saillie au-dessous de leur surface inférieure, ont pour objet de venir buter, le cas échéant, contre les goujons, et d'empêcher les réglettes de sortir par le bout de la rainure au cas où les deux extrémités des réglettes avec lesquelles elles sont assemblées et qui les maintiennent, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, viendraient à se casser.

Les réglettes doivent former joint d'abord contre la paroi intérieure de la rainure contre laquelle elles sont appliquées par la pression de la vapeur; puis entre elles par les surfaces de portée de leurs emmanchements, enfin entre leur tranche supérieure et la table de frottement.

Les réglettes, les rainures dans lesquelles elles sont logées et la table de frottement doivent avoir été ajustées les unes sur les autres d'une manière précise, de façon à ne présenter que des jeux absolument indispensables au libre fonctionnement du système et assez faibles pour ne pas donner lieu au passage de la vapeur. Dans ces conditions, elles forment un joint à la fois étanche et en même temps en partie déformable, c'est-à-dire capable de se prêter aux inégalités que la surface de frottement peut présenter pour diverses causes et notamment par suite de l'usure inégale résultant des variations de la course du tiroir pour les différents crans de marche[1].

C'est là, paraît-il, le principal avantage auquel la disposition à barrettes devrait ses bons résultats.

Dans la marche sous pression, les réglettes sont appliquées par la vapeur contre les surfaces sur lesquelles elles doivent faire joint; mais, dans la marche à régulateur fermé, elles tomberaient par leur poids au fond de la rainure, laissant entre leur surface frottante et la table de frottement un jeu par lequel la vapeur s'échapperait directement lors de l'ouverture du régulateur. Il faut donc que les réglettes soient maintenues constamment en contact avec la table de frottement; c'est dans ce but qu'un ressort est placé entre chacune des réglettes et le fond de sa rainure.

Dans un tiroir neuf, en place, la saillie des réglettes sur les arêtes supérieures des parois des rainures ne doit pas être de plus de 1 1/2 à 2 mm. C'est, d'après les Américains, une condition essentielle de succès.

Cette saillie va, en effet, en s'augmentant avec l'usure des surfaces frottantes

[1] Le compensateur du tiroir Adams ne présentait pas cette mobilité et ce fut probablement là la principale cause de son insuccès.

Digitized by Google

et il ne faut pas qu'elle dépasse finalement 6 mm., ce qui correspond à 4 mm. d'usure.

De ce qui précède il résulte qu'avant la mise en place du tiroir dans la boîte à vapeur, les réglettes devront, sous l'action de leurs ressorts de pression, dépasser le dessus de la rainure d'au moins 11 mm, : c'est un point qu'il est indispensable de vérifier avec soin avant chaque mise en place du tiroir.

L'étanchéité du joint ne peut être absolue et ce résultat cherché ne serait pas obtenu si l'on ne faisait pas communiquer, avec l'atmosphère, la capacité intérieure ainsi réalisée, de façon à évacuer la vapeur qui s'y introduit forcément par les surfaces de joints.

C'est dans ce but que deux canaux ont été ménagés pour mettre en communication la capacité dont il s'agit avec le creux du tiroir et par conséquent avec l'atmosphère, par l'intermédiaire de la conduite d'échappement du cylindre.

On a fait déboucher ces canaux au niveau du dessus de la paroi des rainures, de façon que la matière lubrifiante, indispensable pour assurer un bon frottement des réglettes, qui sera versée dans la capacité supérieure du tiroir, ne s'écoule pas directement à l'échappement.

La portion équilibrée de la surface dans la locomotive 840 est de : 637 cm²,20, soit : $\frac{637,20}{1328,80} = 0,480$ de la surface totale du tiroir, ou, en déduisant la surface frottante des réglettes, 160 cm², 80, de sorte que, finalement, le travail de frottement supprimé ne correspondra qu'à une surface de 476 cm²,40 qui est seulement les 0,358 de la surface totale du tiroir.

Il ne faut pas aller trop loin dans cette voie de façon à éviter que, dans les grandes courses, lorsque les bords extrêmes du tiroir débordent la table, il ne soit soulevé et qu'il se produise alors des passages directs de la vapeur à l'échappement.

Pour que les barrettes fassent joint le mieux possible, il est nécessaire qu'elles restent constamment appliquées à la fois sur la table de frottement et sur la paroi des rainures qui est la plus rapprochée du centre du tiroir.

On réalise la première condition en plaçant un ressort au fond de chaque rainure, ainsi que nous l'avons dit plus haut. La bande de ce ressort agit seule lorsque le régulateur est fermé; elle s'ajoute à la pression de la vapeur lorsqu'il est ouvert.

On satisfait à la seconde condition d'étanchéité par un ajustage parfait des barrettes dans leurs rainures, ajustage qui doit être effectué sans autre jeu que celui qui est strictement nécessaire pour obtenir un frottement doux, sans le moindre coincement, dans un sens ou dans l'autre.

Un jeu donné, de construction, ne pourrait que s'accroître rapidement, surtout pour les barrettes transversales, car des matages importants

Digitized by Google

se produiraient aux fonds de course et combineraient leurs effets à ceux du basculement des barrettes, alternativement poussées et tirées.

Les matages et les basculements ont, en général, peu d'importance sur des barrettes bien ajustées, tant que la boîte à tiroir est maintenue en pression il n'en est plus de même lorsqu'on marche à régulateur fermé, car la vapeur ne maintient plus les barrettes sur les parois intérieures des rainures et si, dans ces conditions, il existe un jeu sensible, il se produit des claquements caractéristiques qui peuvent devenir dangereux lorsque les ressorts placés dans les rainures sont mal établis ou insuffisamment bandés, ou encore lorsque les tiroirs sont sujets à des soulèvements par l'effet de l'air comprimé derrière les pistons.

Les barrettes longitudinales n'étant pas exposées au renversement, l'usure de leur surface sera, en général, plus régulière que celle des barrettes transversales. On tient compte de cette circonstance dans la disposition des agrafes en plaçant les barrettes transversales entre la table de frottement et les barrettes longitudinales de façon que les premières puissent conserver une certaine liberté, quelle que soit l'usure de leur face frottante. A la longue, il se produira entre les deux surfaces un certain jeu dont l'influence immédiate sur l'étanchéité sera à peu près nulle. Il faudra un parcours kilométrique considérable pour que la fuite correspondante acquière une importance gênante. Si l'agrafage était fait en sens inverse, les barrettes transversales finiraient par s'appuyer sur les extrémités de leurs voisines, dès que leurs arêtes de frottement seraient émoussées et l'ensemble du système deviendrait rigide, ce qui faciliterait la production des grippages et des fuites.

L'ajustage des assemblages croisés des barrettes doit être exécuté avec le plus grand soin, car c'est de sa précision que dépend surtout l'étanchéité du système. De construction, il ne doit exister qu'un jeu insensible entre les surfaces de contact intérieures.

Il faut, au contraire, à cause de la différence des dilatations, si le tiroir est en bronze, ménager un jeu de 1/2 mm. entre les talons de la barrette transversale et les deux extrémités de la barrette longitudinale.

270. Les tiroirs cylindriques ont aujourd'hui remplacé, dans beaucoup de machines à grande vitesse et d'appareils de navigation, les tiroirs ordinaires avec ou sans compensateurs, mais ils sont encore relativement peu usités sur les locomotives. On ne les trouve encore, en France, que sur des locomotives des chemins de fer de l'*État;* en Angleterre sur une dizaine de machines du *North Eastern;* sur quelques machines autrichiennes et allemandes enfin et surtout sur les locomotives compound du système Vauclain aux États-Unis.

Ces tiroirs sont en réalité composés de deux pistons de même diamètre,

Digitized by Google

fixés sur une même tige et se mouvant dans un cylindre parallèle au cylindre à vapeur et formant boîte à tiroir. Les deux extrémités sont en communication avec les chaudières, le milieu avec le condenseur. Les pistons remplissent l'office des barrettes du tiroir dont ils ont exactement la hauteur ; ils viennent alternativement recouvrir et masquer les orifices qui débouchent sur la surface intérieure de la boîte cylindrique.

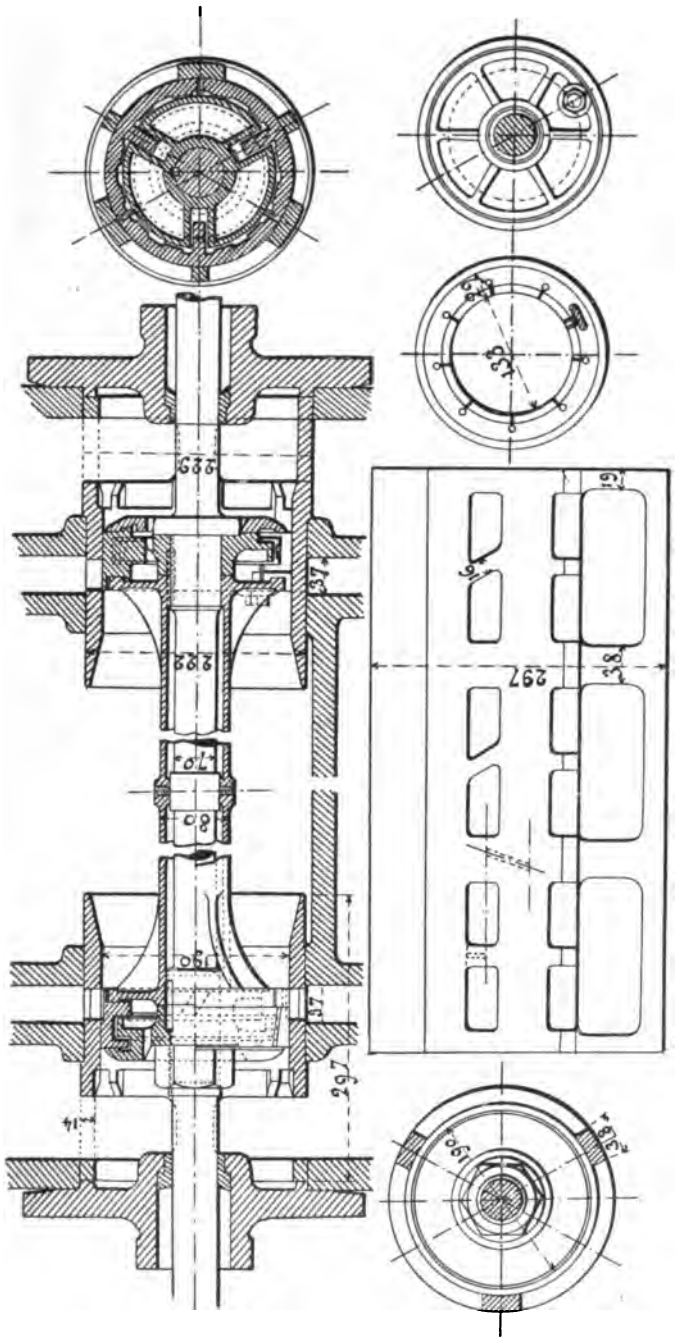


Fig. 558. — Tiroir cylindrique, système Smith (*North Eastern Railway*).

En somme, un tiroir cylindrique n'est autre qu'une surface de révolution ayant, comme génératrice, le contour intérieur d'un tiroir à coquille. Il se trouve en principe, parfaitement équilibré, puisque la pression de la vapeur n'agit plus que pour tendre à écarter ou à rapprocher les deux pistons qui le constituent, effort intérieur et statique qui n'a aucun effet sur le fonctionnement du tiroir. Il ne nécessite plus d'autre effort que ce qui est nécessaire pour vaincre le frottement des bagues contre les parois de la boîte.

La longueur réelle de l'orifice, dans les tiroirs cylindriques, est égale au développement de la circonférence intérieure de la glace diminué de la lar-

Digitized by Google

geur des barrettes. Il n'est donc pas besoin de donner à ces tiroirs un grand diamètre pour que la section des lumières soit supérieure à ce que l'on peut obtenir avec un tiroir ordinaire. Ainsi, un diamètre intérieur du tiroir de 0,240 m. correspond à un développement réel, barrettes déduites, d'environ 0,450 m., soit environ le diamètre du cylindre ou environ 1/4 en plus qu'il

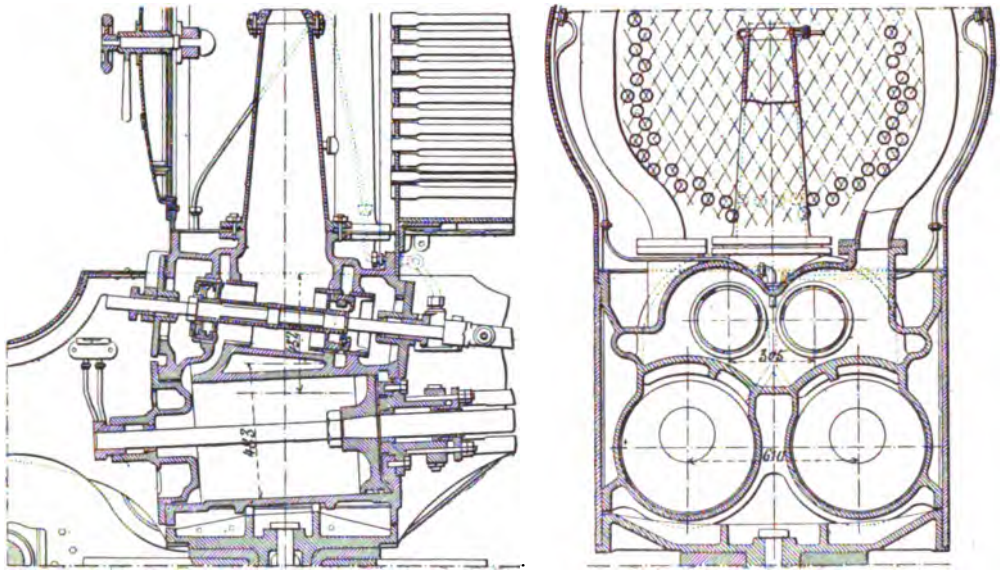


Fig. 559. — Disposition générale des tiroirs cylindriques dans les locomotives à grande vitesse du *North Eastern Railway*.

n'est d'usage pour les tiroirs plans, encore avons-nous supposé que le tiroir cylindrique avait un diamètre très modéré.

On trouvera, figure 558, la coupe longitudinale d'un semblable tiroir. Il se compose d'un centre en fonte que la tige traverse dans deux ouvertures. Les segments, formant barrettes du tiroir, ont la hauteur correspondant aux orifices, au degré d'introduction et à la course du tiroir choisis. Ces segments sont maintenus par deux couronnes fixées dans le corps par des boulons non visibles sur la figure. L'orifice d'échappement est situé entre les deux pistons, la vapeur vive arrivant dans les bouts.

Les orifices sont circulaires et règnent sur toute la périphérie de la boîte du tiroir. Toutefois, afin d'empêcher que les bagues ne viennent à s'ouvrir au passage de ces lumières, celles-ci sont traversées par des barrettes qui relient, de distance en distance, leurs deux arêtes et dont la face intérieure continue la surface du cylindre formant glace. Ces barrettes sont disposées obliquement de manière à ne pas rayer les segments. Elles diminuent la section de passage des lumières de 1/3 environ.

Les segments du tiroir sont quelquefois composés de deux bagues jointives

Digitized by Google

munies de talons les épaulant, l'une sur le corps du tiroir l'autre sur sa couronne. Cette disposition est adoptée en vue de diminuer le frottement des bagues sur la glace. On a en effet disposé, derrière les bagues, un ressort intérieur qui applique à la fois les segments contre les deux surfaces horizontales du piston et contre les parois du cylindre sur lequel elles frottent.

Cependant, pour assurer l'étanchéité du tiroir, on adopte souvent dans les locomotives une disposition inverse. Au lieu de chercher à empêcher la pression de la vapeur d'appliquer les segments sur leurs sièges, on perce dans la couronne qui retient les bagues des ouvertures permettant à la vapeur de pénétrer derrière elles et de les appliquer contre la glace cylindrique ; on coupe alors les segments pour leur retirer toute élasticité propre, la pression de la vapeur remplaçant leur bande naturelle.

Les glaces doivent être rapportées dans les cylindres. On peut ainsi les confectionner en fonte dure et les remplacer après usure. Elles forment alors, comme on le voit figure 558, une chemise rapportée à l'intérieur de la boîte à tiroir, ajustée à frottement dur dans cette dernière, percée aux points voulus des orifices correspondants et fixée au moyen de prisonniers ou de vis. Le diamètre du couvercle de la boîte à tiroir doit être assez grand pour permettre de sortir la chemise constituant les glaces.

Quand le corps du tiroir est plein, comme nous l'avons supposé jusqu'ici, on doit établir une communication entre les deux parties extrêmes de la boîte formant chambres à vapeur et dont l'une reçoit le conduit d'arrivée de vapeur. Il est plus simple, quand on le peut, de constituer la partie commune reliant les deux pistons par une pièce creuse, en forme de tube, établissant une communication très directe entre les deux extrémités, mais il est rare que l'on puisse, dans les locomotives, vu l'exiguïté de leurs tiroirs, avoir recours à ce dispositif.

M. Ricour a appliqué, il y a quelques années, aux chemins de fer de l'*État*, des tiroirs cylindriques qui ont toujours donné satisfaction et sont appliqués aujourd'hui aux machines de diverses séries, entre autres aux locomotives N^{os} 2 069-2 099 ; 2 500-2 528 ; 3 550-3 569. (Voir l'ensemble du cylindre et du tiroir figure 461 et le détail figure 560.) Les segments de ces tiroirs, composés de bagues en fonte de 6 mm. d'épaisseur, sont disposés de manière à ne frotter contre les parois de la boîte que pendant la marche à régulateur ouvert, la vapeur s'introduisant par les orifices visibles sur la figure 560, entre le corps du tiroir et les segments. Une saillie circulaire intérieure, venue de fonte avec les bagues et parfaitement dressée sur ses deux faces, pincée sans serrage entre le corps du tiroir et un cercle rapporté et fixé sur ce dernier par le moyen de l'écrou d'assemblage placé sur la tige et une couronne élastique en cuivre rouge, empêchent la vapeur de passer du côté de l'admission à celui de l'échappement. L'usure de ces tiroirs est très faible (environ

Digitized by Google

1/2 mm. pour 100000 km. de parcours), alors que, sur le même réseau, l'usure des tiroirs plans est de 1 mm. pour 3300 km[1].

Le tiroir Smith, appliqué récemment à titre d'essai à quelques locomotives

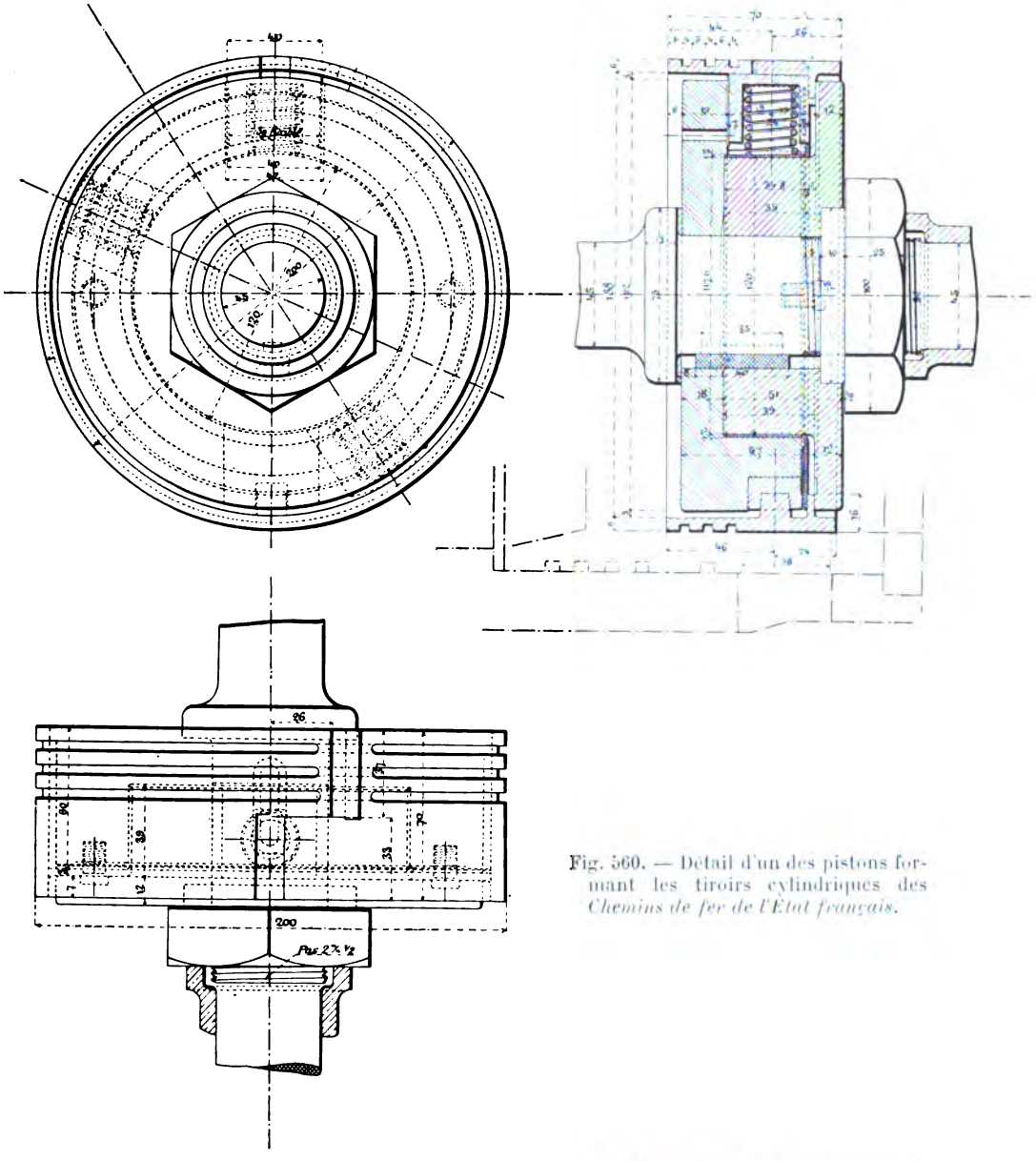


Fig. 560. — Détail d'un des pistons formant les tiroirs cylindriques des *Chemins de fer de l'Etat français*.

à grande vitesse du *North Eastern Ry* par M. Worsdell, est représenté figures 558, 559. Chacun des pistons distributeurs se compose de trois segments en bronze dur et d'un anneau flexible en métal plus doux. Ces trois

[1] Voir la *Revue Générale des Chemins de fer*, numéro d'octobre 1886.

Digitized by Google

segments sont ainsi disposés qu'ils peuvent se séparer des parois de la glace et se rapprocher de l'axe du tiroir ; ils sont retenus et guidés chacun par un talon pénétrant dans une cavité dressée, du corps du tiroir, disposée radialement. Le but de l'anneau continu que l'on voit vers l'intérieur est d'empêcher les fuites du côté de l'échappement, lorsque les segments viennent, sous l'action de la pression s'appliquer contre lui. Aux trois ouvertures longitudinales séparant les segments, correspondent des barrettes ménagées dans la chemise formant glace et empêchant les fuites par ces points. En temps normal, les segments sont appliqués sur leur glace par la pression de la vapeur agissant sur leurs faces intérieures. La mobilité des segments leur permet de céder à un excès de pression intérieure en cas de coup d'eau par exemple et d'éviter des ruptures de fonds de cylindres.

Le frottement donné par un semblable tiroir est, paraît-il, environ cinq fois moins grand que celui d'un tiroir plan donnant les mêmes ouvertures ; la pression de la vapeur ne s'exerce en effet que sur les segments formant barrettes d'admission.

En somme, le tiroir cylindrique répond à deux desiderata et réduit tout à la fois les pertes par frottement et par laminage. Il paraît donc avantageux et s'il n'est pas plus usité à notre époque, on doit surtout l'attribuer à ce qu'il est notablement plus compliqué, plus coûteux et plus lourd. Nous ne serions cependant pas étonné de voir son emploi se répandre dans l'avenir.

271. Soupapes de rentrée d'air. — Les soupapes de rentrée d'air, surtout avec les tiroirs cylindriques, peuvent présenter des avantages pour toutes les machines bien que n'ayant encore été appliquées qu'assez exceptionnellement, particulièrement par M. Ricour à un grand nombre de locomotives des Chemins de fer de l'*Etat* munies de tiroirs plans ou cylindriques.

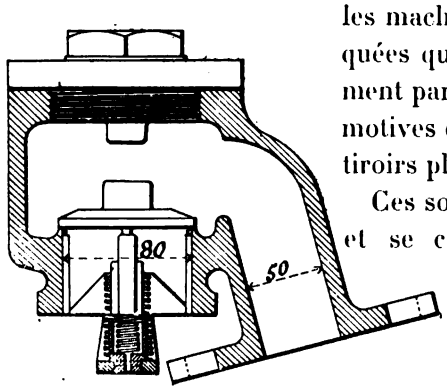


Fig. 561. — Soupape de rentrée d'air (*État français*).

Ces soupapes se placent sur la boîte à tiroir et se composent essentiellement d'un clapet ayant de 0,08 m. à 0,10 m. de diamètre, pouvant s'ouvrir de l'extérieur vers l'intérieur. Elles permettent, pendant la marche à régulateur fermé, à l'air extérieur de venir remplir la boîte, empêchant la formation du vide d'où résulte, quand cette soupape n'existe pas, l'appel, à l'intérieur de la boîte et du cylindre, des gaz chauds de la boîte à fumée et des escarbilles qui sont une des principales causes d'usure des glaces. Dans les

Digitized by Google

soupapes de M. Ricour, le clapet est suspendu par deux ressorts à boudin (fig. 561). Le premier forme une sorte de tampon qui maintient le clapet à distance voulue du siège, soit environ 2 mm. Quand le régulateur s'ouvre, le tampon est comprimé et le clapet s'applique sur son siège. Le premier res-

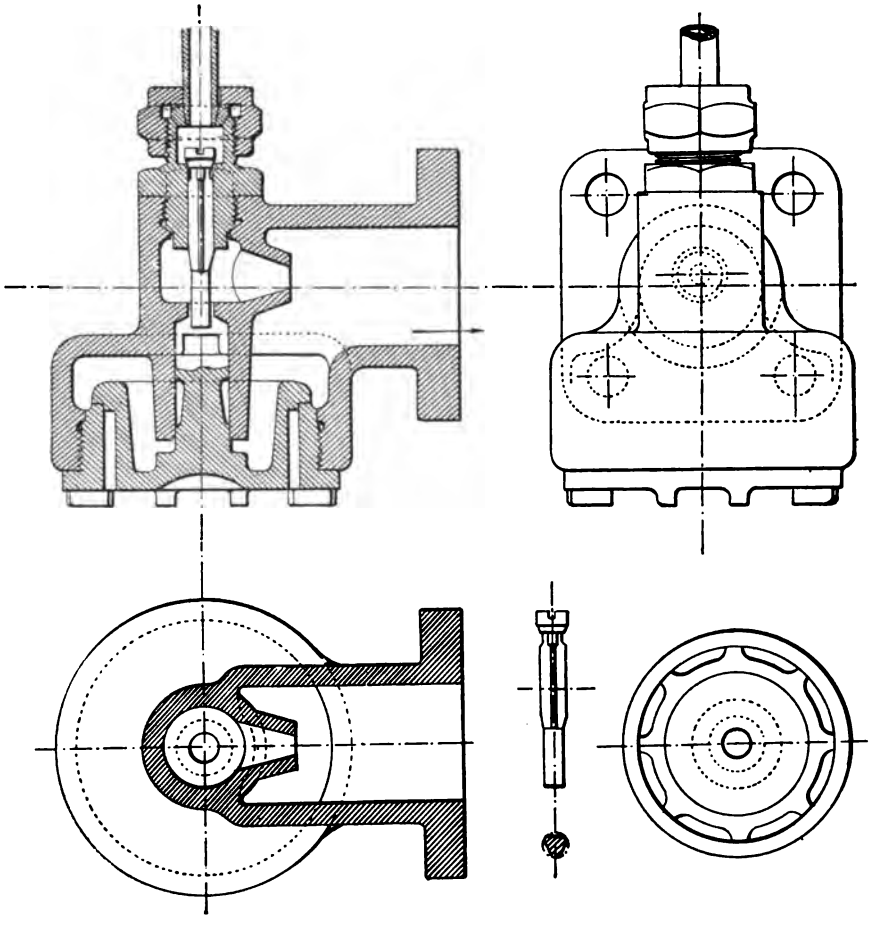


Fig. 562. — Soupape de rentrée d'air et d'injection de vapeur, du système Smith (*North Eastern Railway*).

sort fait exactement équilibre au poids de la soupape et, dès qu'une aspiration se produit, le clapet vient s'appliquer contre le mamelon d'arrêt sans présenter de résistance appréciable à l'appel de l'air. Cette disposition supprime le matage des soupapes nuisible à leur conservation.

On trouvera, figure 562, le dessin d'une soupape analogue, du système Smith, appliquée aux locomotives à tiroirs cylindriques du *North Eastern Ry* et dans laquelle on a en plus prévu une légère rentrée de vapeur, ce fluide devant agir comme lubréfiant. Quand le régulateur est fermé, la grande soupape, visible sur la figure, se soulève et vient buter contre la tige

Digitized by Google

prolongeant, vers le bas, un petit clapet placé sur un siège au-dessus duquel se trouve une chambre mise en communication avec la chaudière par un tuyau de 9 mm. de diamètre. Ce petit clapet est alors soulevé et la vapeur, en faible quantité, vient se mélanger à l'air aspiré, dans la culotte servant d'attache au système sur la boîte à tiroir. En pratique, les deux clapets à air et à vapeur s'ouvrent instantanément, la machine étant en mouvement, dès que l'on ferme le régulateur, et restent ouverts presque jusqu'à l'arrêt complet.

Ces dispositions de valves de rentrée d'air, avec ou sans addition de vapeur, ont certainement pour effet de réduire l'usure des tables de tiroirs et des segments de pistons, elles sont surtout utiles sur les réseaux comportant de longues pentes sur lesquelles on marche à régulateur fermé.

272. Appareils de distribution et de changement de marche. — Les tiroirs des locomotives sont, on le sait, commandés par des appareils appelés *coulisses* dont les extrémités sont respectivement articulées aux barres des excentriques correspondant à la marche avant et à la marche arrière.

L'étude des coulisses, au point de vue cinématique, se trouve dans tous les ouvrages traitant de la machine à vapeur et nous la supposons connue du lecteur [1]. Nous n'y reviendrons donc pas et nous nous contenterons de rappeler les principaux systèmes usités ainsi que leurs avantages ou leurs inconvénients.

Dans la *coulisse de Stephenson* (fig. 430), la concavité est tournée vers l'arbre et c'est la position de la coulisse elle-même que l'on fait varier pour changer le sens de la marche ou le degré d'introduction.

Quand la coulisse est à *bielles ouvertes*, les avances augmentent avec le degré de détente, ainsi que la période de compression. Quand elle est à *bielles croisées*, les avances diminuent avec l'introduction, mais moins vite qu'elles ne croissent avec le système précédent. Les bielles ouvertes sont presque uniquement usitées pour les locomotives. Elles sont en effet préférables pour des machines présentant cette particularité unique que le degré d'introduction diminue à mesure que la vitesse est plus considérable. Il est donc avantageux que l'avance à la vapeur et la compression augmentent avec le degré de détente et par conséquent avec la vitesse pour mieux combattre les effets de l'inertie.

Dans la *coulisse de Gooch* (fig. 428), la concavité est tournée vers la boîte à tiroir et la coulisse est articulée sur un support fixé à demeure. C'est la bielle du tiroir sur laquelle agit le relevage et qui vient se présenter en face des différents points de la coulisse suivant le sens de la marche et le rapport de détente.

[1] On trouvera dans le Traité M. E. Sauvage : *La Machine à vapeur*, Baudry et Cie, un exposé très complet et d'une grande clarté de cette intéressante question.

Digitized by Google

Ce système présente cet avantage relatif que les avances sont constantes pour tous les degrés d'admission, mais il occupe une plus grande longueur à cause de la présence d'une bielle de tiroir dont l'obliquité serait excessive si la coulisse était trop près de la boîte à tiroir. On ne peut non plus, pour gagner de la place, raccourcir les barres d'excentrique, ce qui, augmentant leur obliquité, entraînerait des perturbations dans la distribution.

La coulisse de Gooch convient donc surtout aux locomotives dont les bielles sont très longues et où les cylindres sont relativement fort éloignés de l'essieu moteur.

De la coulisse de Gooch est dérivée celle d'*Allan* dans laquelle le corps proprement dit de la coulisse et la bielle du tiroir sont tous deux actionnés par le mécanisme de rappel. Elle partage à la fois des avantages et des inconvénients des coulisses de Stephenson et de Gooch.

Dans le *système Walschaërt* (fig. 431), la coulisse, oscillant autour d'un point fixe est commandée par un seul excentrique. L'avance est donnée par le piston au moyen d'un levier réducteur, sur l'articulation intermédiaire duquel vient s'attacher la bielle du tiroir, elle est donc constante pour tous les degrés de détente. Cette coulisse a l'avantage de n'exiger qu'un seul excentrique, mais elle est néanmoins plus compliquée que la coulisse de Stephenson.

Depuis quelques années, on a introduit un certain nombre de distributions à changement de marche ne comportant qu'un excentrique ou même aucun excentrique, le mouvement du tiroir étant dérivé d'un point convenablement choisi de la bielle motrice. Les deux plus connues sont la distribution *Marshall* qui appartient au premier genre et la distribution *Joy* au second (fig. 446). Elles offrent toutes deux certains avantages particulièrement en ce qui concerne soit la réduction du nombre des excentriques, soit même leur suppression complète. Ces dispositifs s'adaptent, sans complication ni addition d'arbres de renvoi, à la commande de tiroirs placés sur le dessus des cylindres, tandis qu'avec les coulisses ordinaires, on doit, autant que possible, placer les tiroirs dans une position plus ou moins oblique sur le côté.

Toutefois, ces distributions sont en somme moins simples que la coulisse ; en outre, le dispositif sans excentriques de M. D. Joy n'agit pas d'une manière très logique sur la bielle de tiroir et crée des efforts transversaux souvent considérables, à moins que les bielles ne soient très longues.

La coulisse de Stephenson est exclusivement usitée en Angleterre et aux Etats-Unis et très répandue en Allemagne ; on la retrouve aussi en France sur un très grand nombre de machines, mais, la plupart du temps, de construction déjà ancienne, sauf à la Compagnie de l'*Est* et du *Midi* ou du *Nord* pour les machines à marchandises. La coulisse de Gooch n'a jamais joui qu'en France d'une grande faveur, surtout sur les réseaux d'*Orléans*, de l'*État* et de l'*Ouest* pour les machines à marchandises ; il en est de même pour la dis-

Digitized by Google

tribution d'Allan, qui a surtout été employée par les Compagnies de l'*Ouest* et de *P.-L.-M.* La distribution Walschaërt est presque exclusivement employée depuis longtemps en Belgique et assez répandue en Allemagne sous le nom de coulisse d'Heusinger de Waldegg. Elle jouit depuis quelques années sur le continent européen et en France d'une très grande vogue, d'ailleurs justifiée par quelques-uns de ses avantages, et la plupart des types récents de locomotives express construits dans notre pays en ont été munis, il nous suffira de citer les locomotives compound à quatre cylindres des Compagnies du *Nord*, de *Lyon* et du *Midi*, les machines à quatre et six roues accouplées et à bogie de la *Compagnie de l'Ouest* (ces dernières, sans excentriques).

La distribution Joy a surtout été usitée en Angleterre, pour quelques machines par le *Great Eastern*, pour des locomotives compound par le *North Eastern* et le *London and North Western ;* les deux premières l'ont depuis abandonnée ; enfin par le *Lancashire and Yorkshire*, comme type général pour toutes les locomotives. La Compagnie d'*Orléans* l'a, chez nous, appliquée à ses nouvelles locomotives de banlieue à six roues accouplées.

De toutes ces distributions, la plus simple est incontestablement la coulisse de Stephenson quand elle actionne directement la tige du tiroir ; l'addition d'un mécanisme de renvoi la complique beaucoup et lui donne quelque infériorité sur les systèmes permettant, quand les tiroirs sont placés sur les cylindres, de les commander directement, telles les distributions Walschaërt et Joy. Ces dernières ne conviennent pas au contraire quand les tiroirs doivent être placés verticalement ou tout au moins dans une position très inclinée dans le sens transversal.

La coulisse de Gooch se range après celle de Stephenson sous le rapport de la simplicité et, si elle donne des avances égales, elle nécessite quelques articulations de plus et demande une plus grande longueur. Il en est de même de la coulisse d'Allan qui n'a d'autre mérite que d'être d'exécution un peu plus facile grâce à sa forme rectiligne.

La distribution Walschaërt ne comporte qu'un excentrique par tiroir et convient très bien dans les locomotives à cylindres extérieurs ; un simple bouton, venu de forge à l'extrémité d'une contre-manivelle et excentré de la quantité voulue, suffit pour commander la distribution. Elle s'applique surtout aux machines dans lesquelles les tiroirs peuvent être placés vers le dessus des cylindres et dont les tiges sont peu inclinées sur l'horizontale. Elle présente un nombre d'articulations un peu plus grand que les précédentes.

Les distributions sans excentriques peuvent être surtout avantageuses en permettant : dans les locomotives à cylindres intérieurs, de rapprocher les axes des cylindres puisqu'il n'est plus nécessaire de ménager entre les coudes

Digitized by Google

la place nécessaire pour quatre excentriques, ce qui donne le moyen, toutes choses égales d'ailleurs, d'allonger les fusées de l'essieu moteur ; pour les machines à cylindres extérieurs, de se dispenser de l'usage de contre-manivelles ce qui permet l'emploi de bielles d'accouplement à têtes rondes sans rattrapage de jeu.

Quand les excentriques sont extérieurs, on peut les remplacer par de petites manivelles montées sur la contre-manivelle motrice et sur les boutons desquelles viennent s'articuler des barres par le moyen de têtes démontables, ordinairement du type à palier. Cette disposition a été appliquée il y a plus de trente ans par M. Petiet sur des locomotives de la Compagnie du *Nord ;* elle a souvent été reproduite, entre autres sur les récentes locomotives express à cylindres intérieurs (101 à 103) de la Compagnie d'*Orléans.* On peut aussi disposer un seul excentrique, le second se trouvant remplacé par un maneton excentré monté sur la poulie de cet excentrique.

Dans les distributions Walschaërt extérieures, on se dispense presque toujours de l'emploi d'excentriques ; la barre commandant la coulisse est articulée sur un bouton venu de forge avec la contre-manivelle excentrée.

273. Les poulies d'excentrique se font ordinairement en fonte, métal qui convient parfaitement pour cet usage, car il est peu coûteux et présente de bonnes surfaces frottantes; sa ténacité relativement faible n'est pas un obstacle à son emploi pour la confection d'un organe qui n'est pas soumis à des chocs répétés et présente toujours, en raison de considérations d'une autre nature, des échantillons supérieurs à ceux que la résistance des matériaux pourrait indiquer.

Quand il n'existe pas, entre l'extrémité de l'essieu et la portée destinée à recevoir l'excentrique, de collet ou de parties en saillie, la poulie d'excentrique peut être en une pièce.

Le plus souvent il ne peut en être ainsi et, pour permettre la mise en place de la poulie, on est obligé de la confectionner en deux pièces, séparées suivant un plan diamétral de l'arbre (fig. 564 à 573). Les deux portions, de volume très inégal à cause de l'excentricité de la poulie par rapport à l'arbre, sont alors réunies par deux boulons transversaux, par des prisonniers se terminant par des têtes à clavettes, ou par des vis. Pour assurer un montage rigoureux et une plus grande rigidité du joint, celui-ci est souvent à redan (fig. 565, 568, 572) comportant un épaulement au milieu. Il vaut mieux que la partie creuse de ce redan soit tournée vers le centre de l'excentrique, parce qu'on augmente ainsi la hauteur de la partie de la poulie dans laquelle viennent se fixer les prisonniers; on peut quelquefois, grâce à cet artifice, diminuer légèrement le diamètre de la poulie d'excentrique.

Dans les distributions comportant deux excentriques par tiroir, les deux

Digitized by Google

portions adjacentes d'excentriques sont fondues d'une seule pièce, ce qui

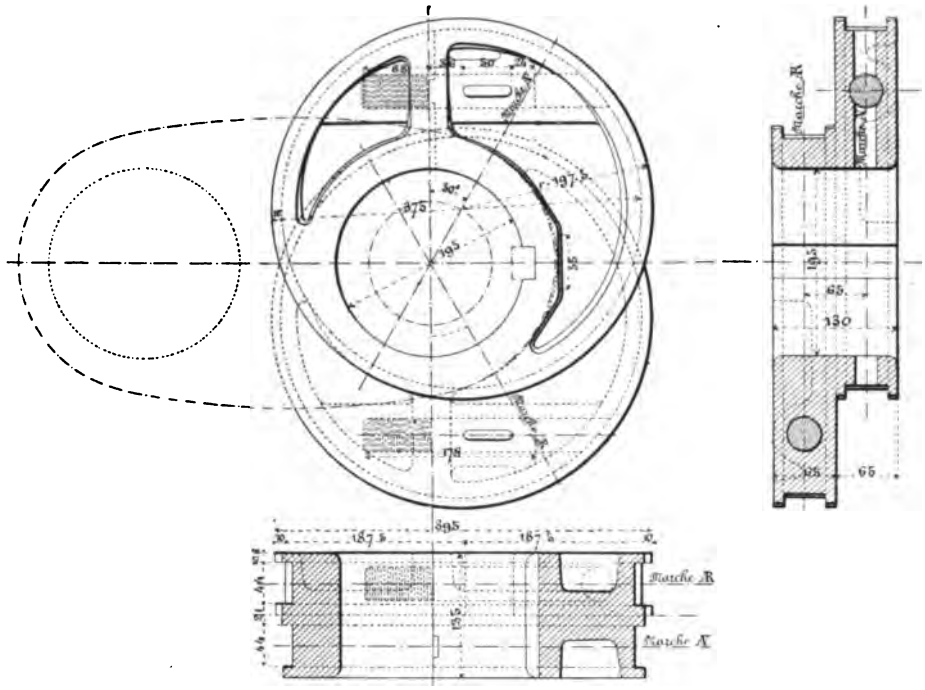


Fig. 563. — Poulies d'excentriques en deux pièces pour distribution intérieure (*Est* ; Mach. 729-742).

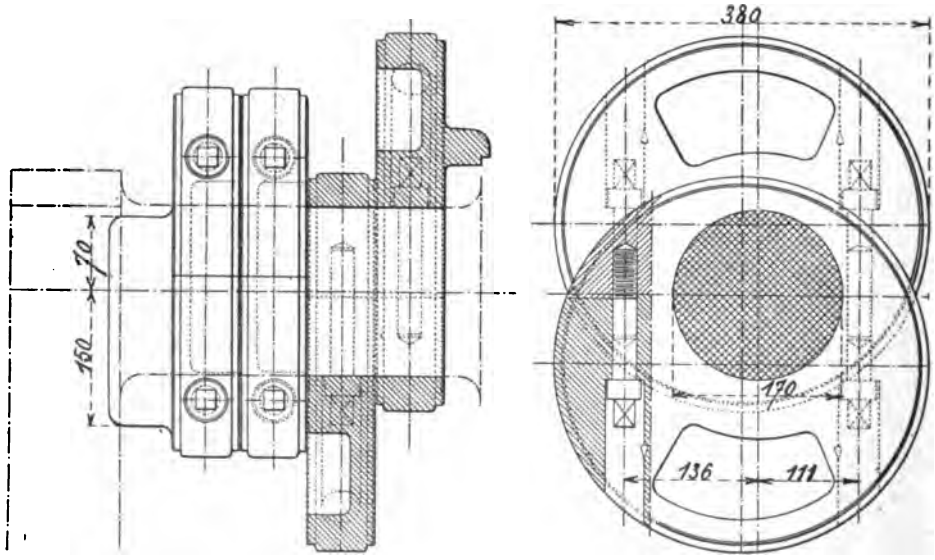


Fig. 564. — Poulies d'excentriques fixées à l'essieu sans clavetage ; *Great Eastern*.

facilite l'ajustage et le montage et diminue le prix de revient (fig. 563, 566).

Digitized by Google

Les poulies d'excentriques sont fixées sur l'essieu moteur à l'aide d'un

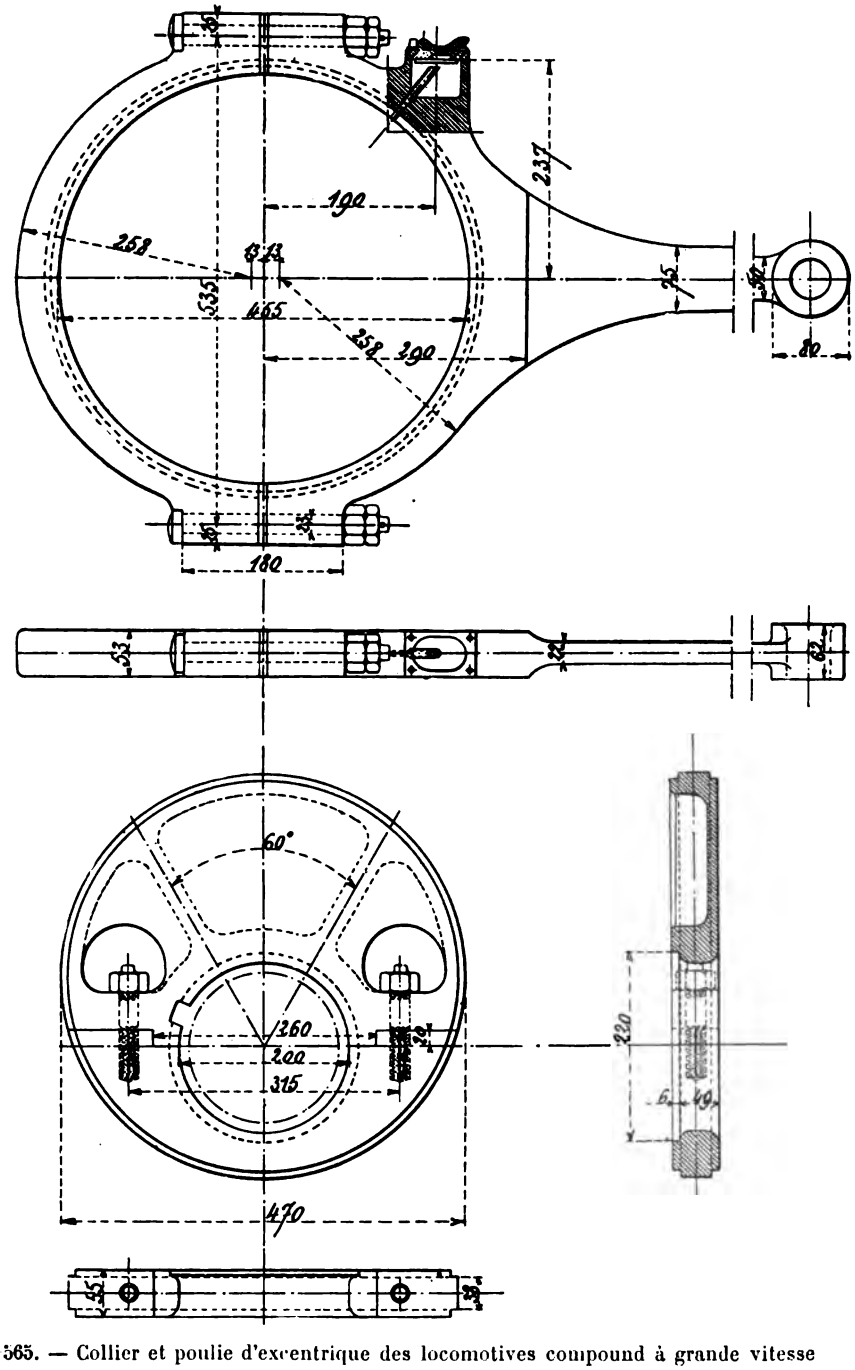


Fig. 565. — Collier et poulie d'excentrique des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord* (cylindres B. P.).

clavetage. Pour ne pas affaiblir cet essieu par le plat ou la rainure destinée à

Digitized by Google

recevoir cette clavette, certains constructeurs écossais et anglais emploient

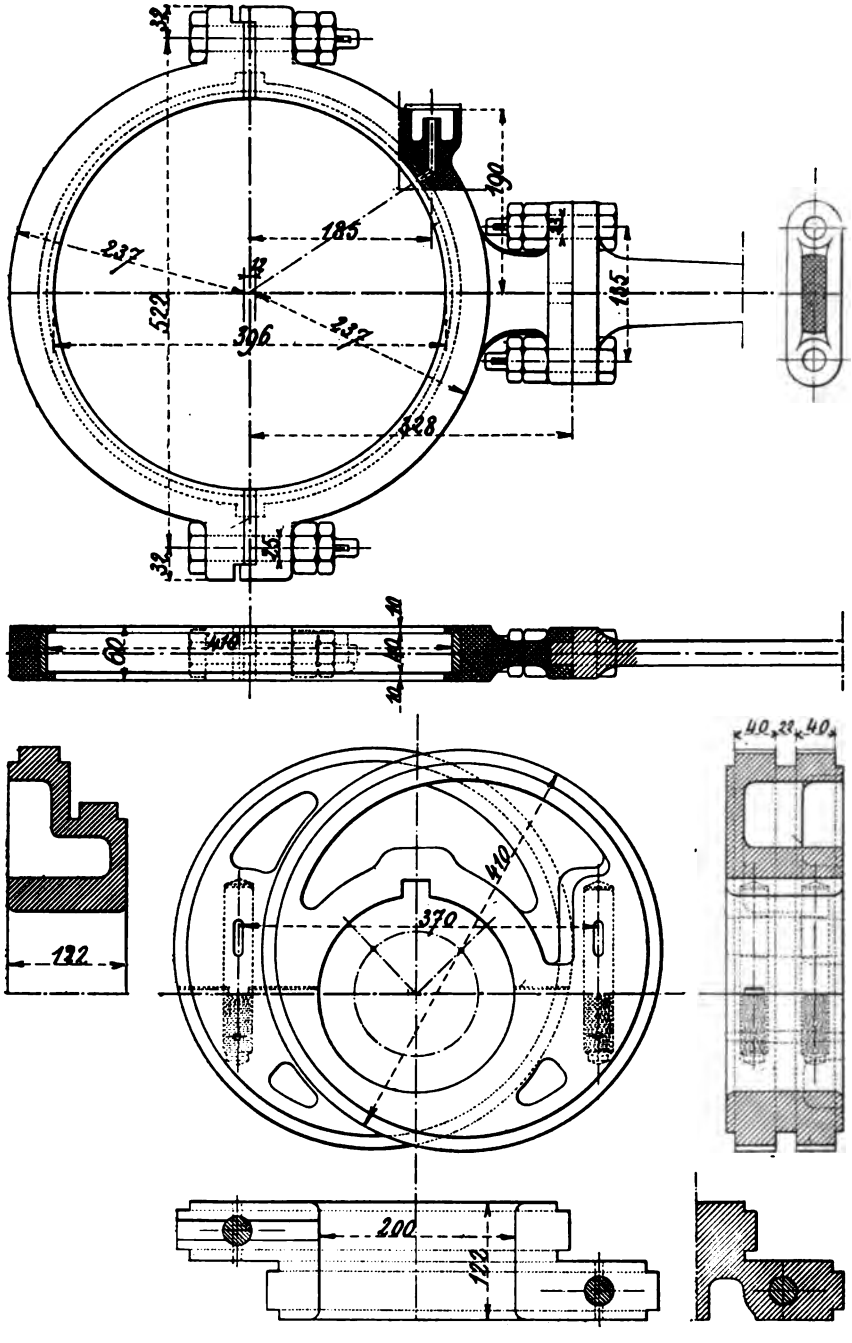


Fig. 566. — Collier et poulie d'excentriques des locomotives compound à grande vitesse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

la disposition représentée figure 564. Le clavetage est complètement sup-

Digitized by Google

primé; les excentriques sont entraînés par les manivelles, intérieures, au moyen d'oreilles, venues de fonte avec les poulies et dressées, qui s'emboîtent sur les bras.

La largeur des poulies d'excentriques doit être suffisante pour que la pression par unité de surface n'y dépasse pas une valeur proportionnée à la vitesse circonférentielle de cette poulie. Comme on dispose souvent, dans les locomotives, d'un emplacement très limité pour installer les excentriques, on donne parfois à l'excentrique de marche avant qui supporte normalement le plus grand effort, une largeur supérieure à celle de l'excentrique de marche arrière. C'est une bonne disposition que l'on peut recommander sauf pour les machines de banlieue exposées à circuler aussi fréquemment en arrière qu'en avant.

Pour que le collier ne puisse se déplacer latéralement, on trace sur le pourtour de la poulie ou du collier une gorge de section rectangulaire ou parfois triangulaire formant leur surface de contact. Il est préférable de pratiquer cette gorge dans le collier plutôt que dans la poulie parce que l'huile peut ainsi s'accumuler dans le fond de la gorge. La poulie comporte alors, à sa circonférence, une saillie circulaire, de largeur inférieure à celle de la gorge, de quelques dixièmes de millimètre seulement.

274. Colliers et barres d'excentriques. — Les colliers se confectionnent en fonte, en bronze, en fer ou en acier forgés. Dans ce dernier cas, ils sont toujours munis intérieurement d'un garnissage en bronze ou en métal blanc, et portent quelquefois des barres venues de forge. Dans les autres cas, le collier frotte directement sur la poulie et les barres sont toujours rapportées.

Dans les petits excentriques placés sur une contre-manivelle, le collier extérieur peut être en une seule pièce; on l'entre par bout. Cette disposition n'est toutefois que très rarement adoptée et les colliers se font d'une manière générale en deux pièces, autant afin de permettre leur mise en place sur des poulies à rainure ou placées entre des obstacles tels que les manivelles, les collets des fusées, que pour le rattrapage du jeu.

Les colliers en fonte (fig. 571 à 573), quand les poulies sont du même métal, ce qui est presque toujours le cas, présentent un excellent frottement et ne nécessitent aucun garnissage intérieur. Aussi, bien que l'on soit conduit à leur donner une section notablement plus considérable qu'avec le bronze, mais surtout qu'avec le fer ou l'acier forgés, sont-ils les plus économiques. Leur principal inconvénient consiste en ce qu'ils sont exposés à se casser en service sous l'action des échauffements, surtout après brusque refroidissement. Aussi ne les emploie-t-on pas en France pour les locomotives. On est cependant très satisfait de leur fonctionnement en Angleterre et aux Etats-Unis où ils sont généralement usités.

Digitized by Google

Au *Great Eastern Railway* on reconnaît les avantages que présente la fonte au point de vue du frottement et on l'emploie exclusivement pour les colliers d'excentriques des machines à marchandises. Afin d'éviter aux trains de voyageurs des détresses pouvant provenir d'une rupture des colliers, on fait ceux-ci en fer forgé dans les locomotives à grande vitesse.

Quelques Compagnies font ou ont fait des colliers en bronze (fig. 567) ; ce métal offre plus de résistance que le précédent et il est moins cassant

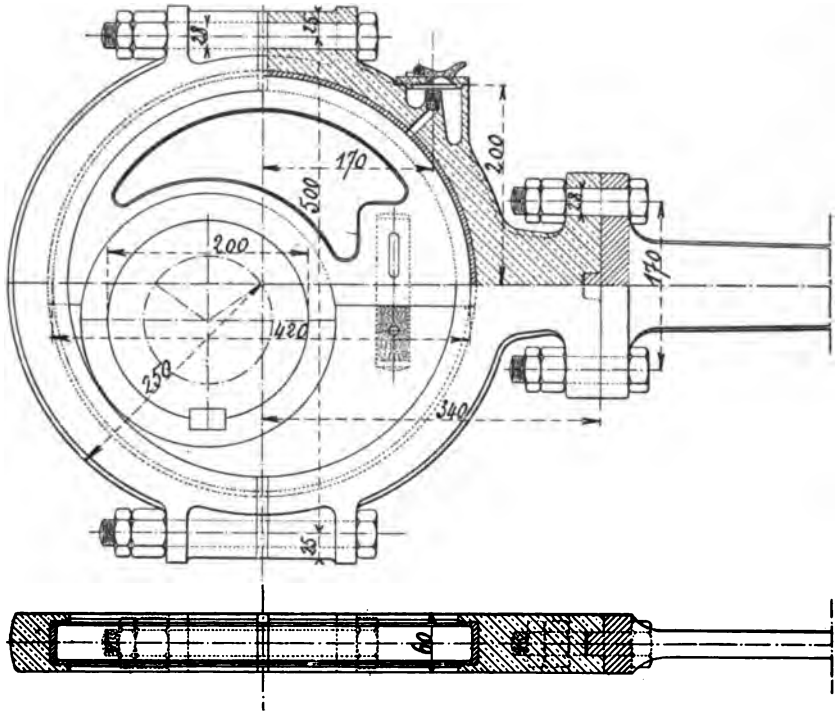


Fig. 567. — Poulie et collier d'excentrique (*Ouest*).

bien qu'il soit en partie, quoique à un bien moindre degré, soumis aux mêmes inconvénients. Etant fabriqués par moulage, ces colliers ne sont pas plus coûteux que les colliers en fer surtout quand ceux-ci reçoivent un garnissage intérieur en métal blanc ou en bronze, et peuvent recevoir une forme rationnelle et bien appropriée aux efforts qu'ils ont à supporter. Ils n'offrent pas assez de solidité pour les machines express que l'on construit aujourd'hui, à moins qu'on leur donne une épaisseur et par conséquent un poids excessifs.

Les colliers en fer ou en acier forgés (fig. 565, 566, 568, 569) sont les plus solides et aujourd'hui les plus employés sauf, comme nous l'avons vu, aux États-Unis et en Angleterre où l'on préfère la fonte, bien que d'une façon de moins en moins exclusive. Ces colliers sont assez coûteux, d'autant plus

Digitized by Google

qu'il est nécessaire de leur rapporter intérieurement une bague en bronze ou un garnissage en métal blanc.

Les colliers, nous l'avons dit, doivent être en deux pièces pour faciliter leur montage et le rattrapage de jeu; ils sont coupés par un plan diamétral et réunis par des oreilles que traversent des boulons. On peut, pour donner un repère au monteur, faire ces oreilles à redan comme figures 566, 569, 570; ces deux parties du collier sont ainsi mieux reliées et ne peuvent se dépla-

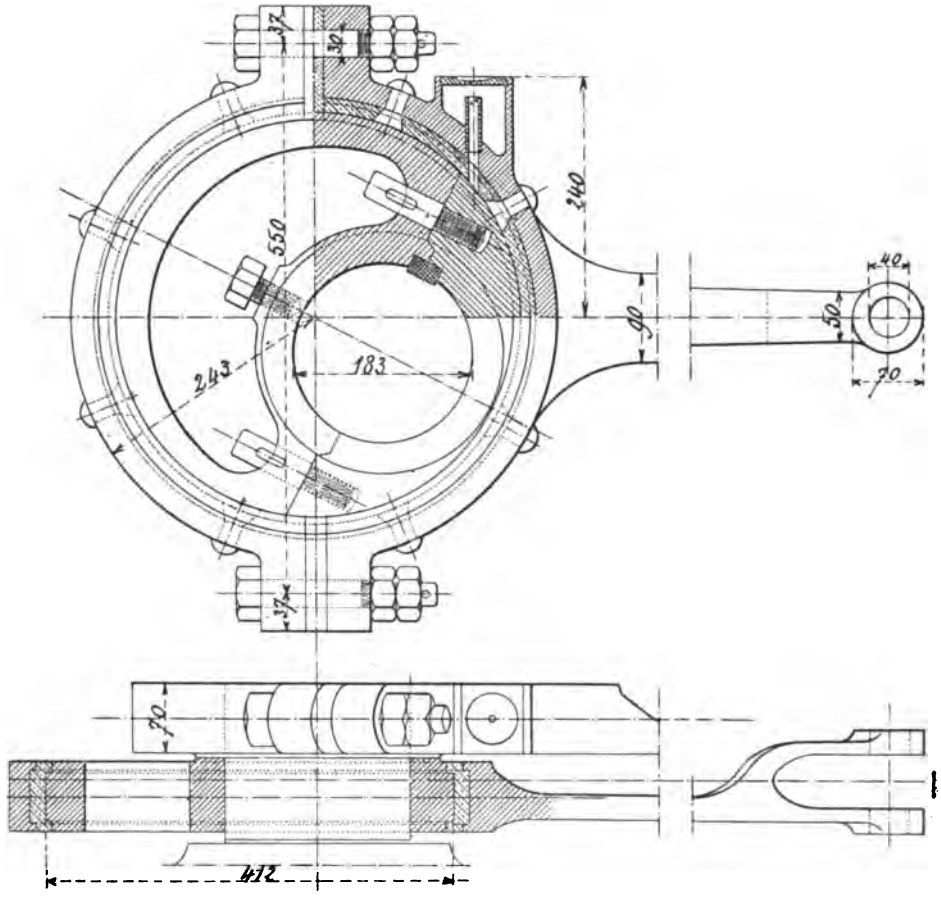


Fig. 568. — Poulie et collier d'excentrique (*État belge*).

cer transversalement. Cette disposition est excellente mais dispendieuse, et ne peut guère être adoptée que si les oreilles sont un peu longues et si, par conséquent, les boulons sont placés loin de la surface extérieure de la poulie. Or, c'est là un inconvénient sérieux qu'il faut chercher à éviter. Quand les boulons sont trop écartés, ils ont tendance à faire pincer le collier. En principe, il faudrait que l'axe de chaque boulon soit tangent à la fibre circulaire moyenne du collier qui se trouverait ainsi dans les mêmes conditions

Digitized by Google

que s'il était en une pièce. C'est ce que l'on a essayé de réaliser dans l'excentrique représenté figure 571 (*London Brighton*). Mais alors les boulons doivent être très longs afin que, vu le peu de hauteur des oreilles, on puisse trouver la place de loger leurs têtes. C'est là un excellent dispositif. Sans aller aussi loin en général, on donne souvent aux oreilles une plus grande longueur que dans le cas de la figure 569, par exemple comme figure 567.

Quand le collier est en fonte, on peut lui donner une forme très ration-

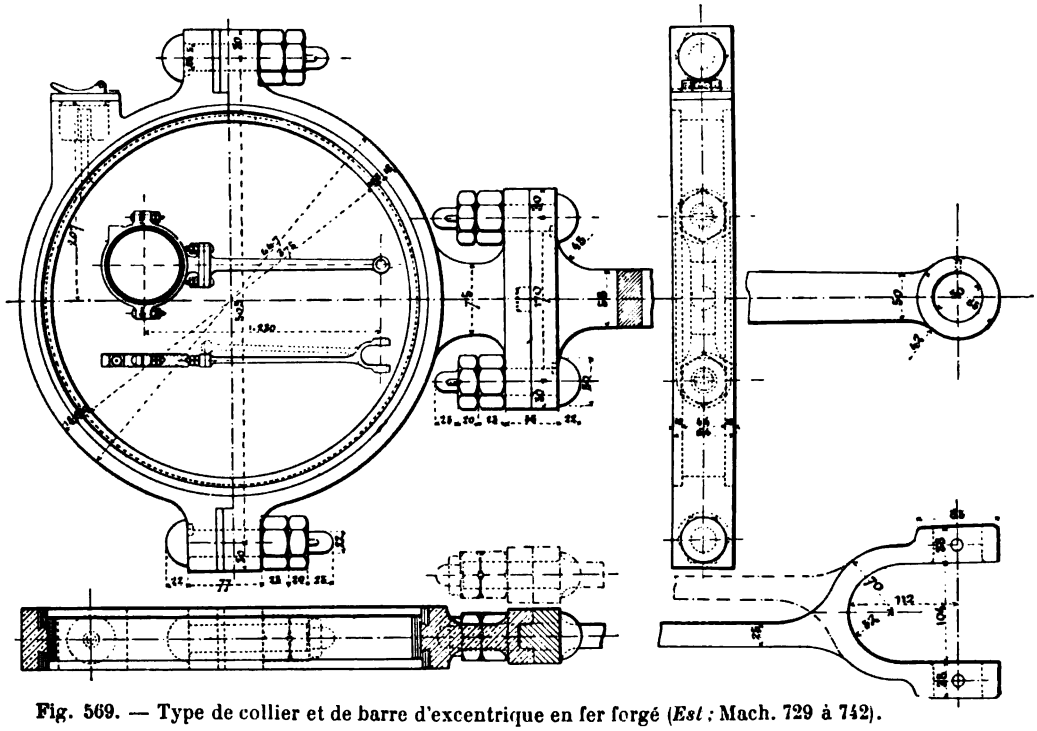


Fig. 569. — Type de collier et de barre d'excentrique en fer forgé (*Est* ; Mach. 729 à 742).

nelle que l'on ne saurait obtenir au même prix avec un métal forgé. On verra, figure 572, un excentrique de machine américaine avec collier en fonte, étudié de manière à présenter une grande solidité et à résister aux écarts brusques de température. La partie du collier qui vient frotter sur la poulie est consolidée par une nervure médiane renflée au milieu, à angles arrondis, qui vient s'attacher aux oreilles par des congés.

Il est difficile de faire porter à la fois le collier sur la partie en saillie de la poulie et sur les deux portions en contre-bas; aussi, pour perdre le moins possible de surface utile, fait-on la première aussi large que l'on peut; les secondes n'ont plus que la largeur strictement nécessaire pour que les rebords latéraux du collier aient l'épaisseur nécessaire (voir fig. 564, 566, 568).

Les colliers en bronze sont le plus souvent munis d'un garnissage intérieur en métal blanc.

Digitized by Google

Quant aux colliers en fer ou en acier forgé, ils sont toujours munis d'une chemise intérieure en bronze, quelquefois elle-même antifrictionnée. Cette chemise a la forme d'une bague présentant extérieurement et intérieurement le même profil de manière à diminuer l'épaisseur du collier et pour que la saillie circulaire ainsi formée maintienne latéralement la garniture. Celle-ci

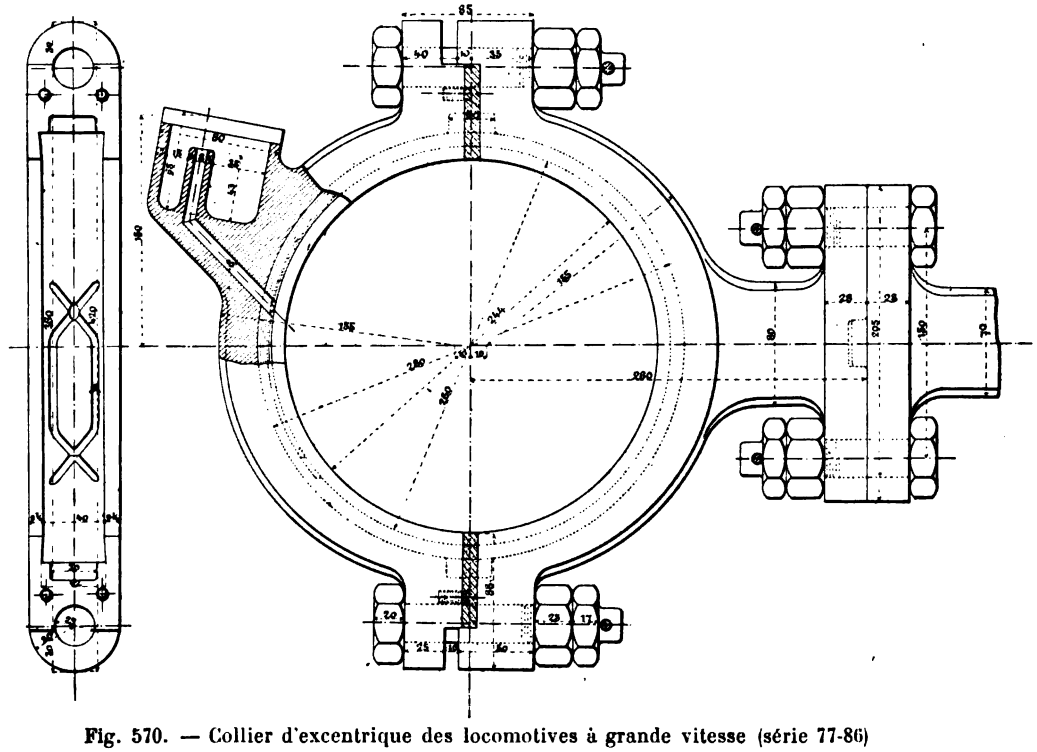


Fig. 570. — Collier d'excentrique des locomotives à grande vitesse (série 77-86) du *Chemin de fer d'Orléans.*

est en outre fixée au collier, par l'intérieur, à l'aide de quelques vis à têtes noyées, qui l'empêchent de tourner.

Les chemises, en métal blanc, sont souvent montées en queue d'aronde.

Les boulons du collier sont tournés et pénètrent dans leurs trous à frottement dur, afin qu'ils n'aient aucun jeu. Leurs écrous doivent être placés du côté où ils sont le plus souvent accessibles.

Les deux portions des colliers d'excentrique sont serrées sur des cales et à bloc. La cale est généralement constituée par une platine en bronze ou en laiton, de 5 à 8 mm. d'épaisseur, qu'on lime jusqu'à ce que l'ajustage du collier soit satisfaisant. Quand il s'est produit du jeu, on retire cette cale, on la lime de la quantité nécessaire pour rattraper l'usure et on la remet en place en serrant les écrous à refus. Si le collier, trop serré, donne lieu à des chauffages, on doit au contraire, soit ajouter une autre petite cale en clinquant,

Digitized by Google

très mince, soit changer la cale et en mettre une autre plus épaisse de 2 à 3/10 de millimètre.

Les colliers doivent être alésés après que les deux portions qui les constituent ont été boulonnées et mises à leur place respective. C'est le seul moyen d'assurer leur cylindricité absolue et l'exactitude de leurs proportions.

Les colliers d'excentriques doivent être munis d'un bon système de grais-

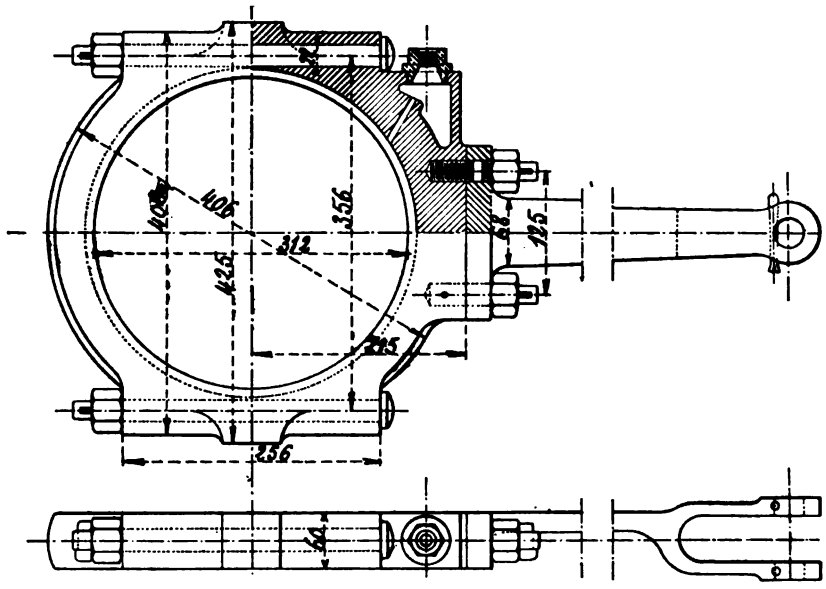


Fig. 571. — Collier d'excentrique en fonte (*London Brighton*).

sage; ils comportent au moins un graisseur à mèche ou sans mèche formé par une cavité pratiquée dans un bossage venu de fonte ou de forge avec le collier et généralement placé entre l'oreille supérieure et l'attache de la barre ou inversement (voir fig. 565 et suiv.). La surface frottante du collier est munie de pattes d'araignée.

Les *barres d'excentriques* sont quelquefois venues de forge avec la partie antérieure du collier (fig. 565) (quand ce dernier est en fer ou en acier) si elles sont courtes. En cas contraire, elles doivent être rapportées (fig. 566, 567, etc.); si elles viennent à casser ou à se fausser, elles n'entraînent plus le rebut du collier et inversement.

Dans les locomotives, elles sont toujours de section rectangulaire.

Ces barres se terminent, à une extrémité, par l'embase ou la patte qui sert à les fixer au collier de l'excentrique, à l'autre extrémité par un œil ou une fourche articulée à la coulisse ou à la tige du tiroir.

Le mode de fixation des barres sur les colliers est sujet à peu de variantes.

Digitized by Google

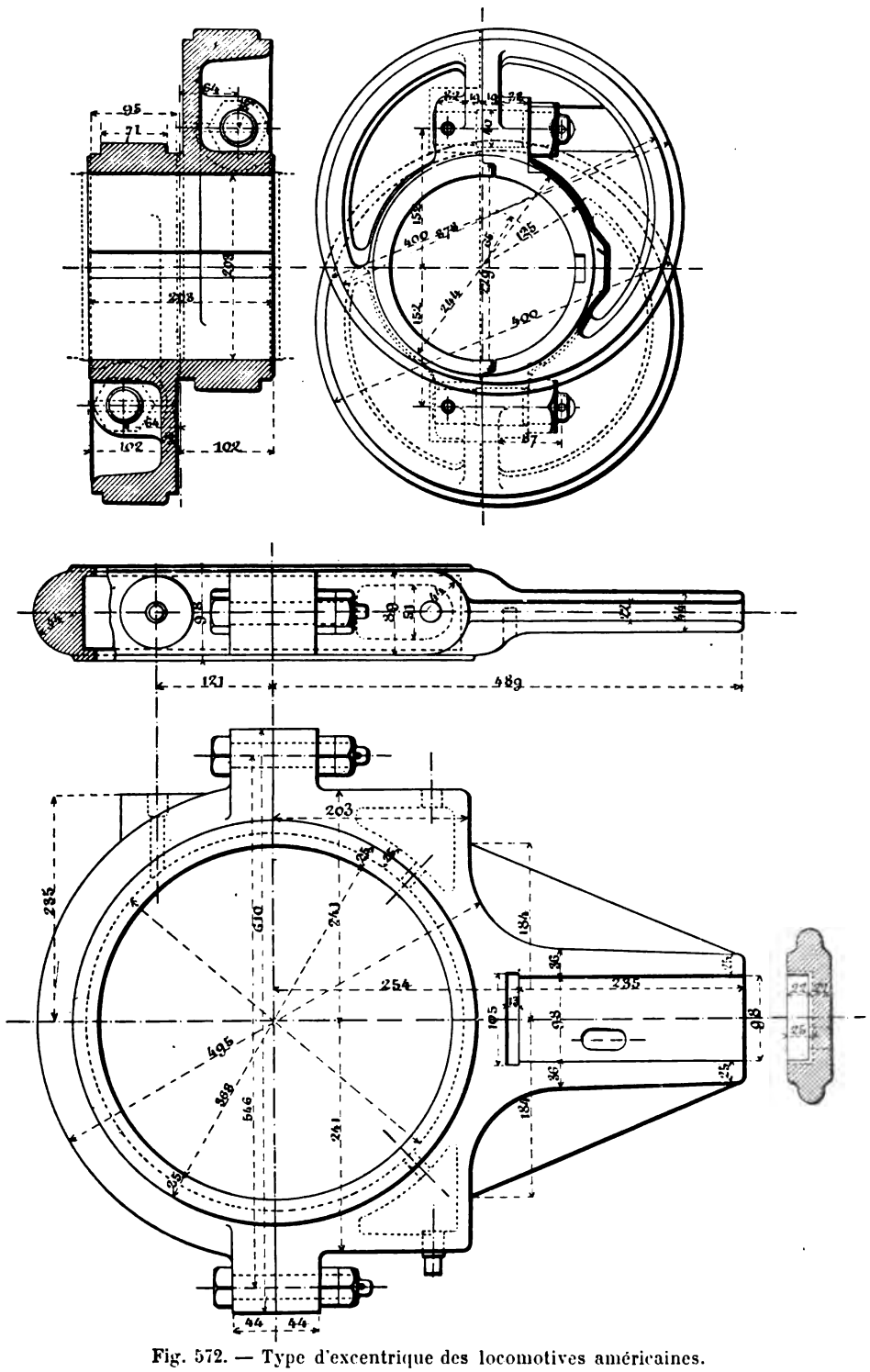


Fig. 572. — Type d'excentrique des locomotives américaines.
Les poulies et les colliers sont en fonte.

Digitized by Google

Le type le plus usité est représenté figures 566, 567, 569. La barre se termine, du côté de l'essieu, par une embase en forme de croix étroite, mais assez

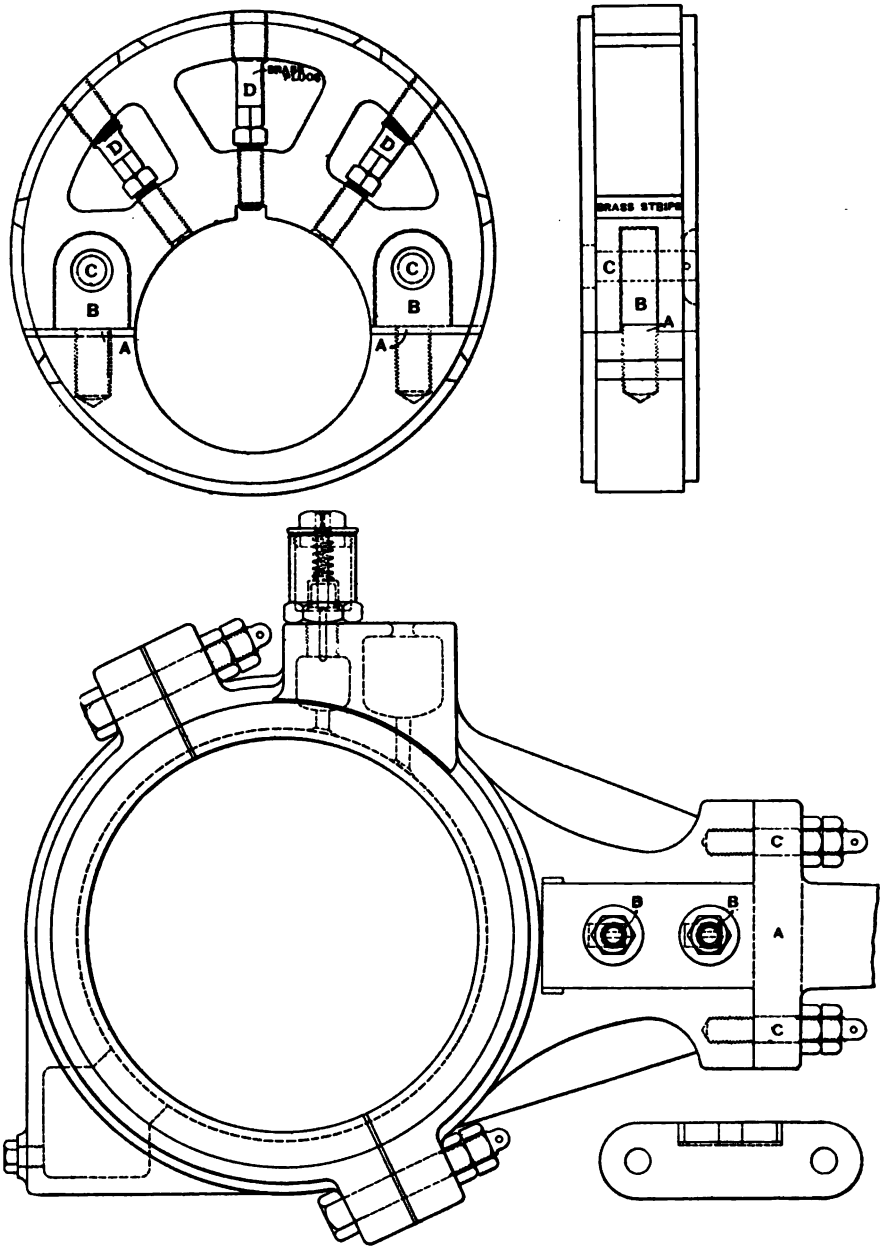


Fig. 573. — Poulie et collier d'excentrique en fonte du *Chicago, Indianapolis and Louisville* (d'après le *Railroad Gazette*).

longue pour permettre de loger un boulon de chaque côté de la barre. Le collier porte une embase semblable sur laquelle vient s'ajuster cette dernière.

Digitized by Google

Parfois cette embase est à fleur du collier et la barre est fixée au moyen de prisonniers (fig. 571). Le plus souvent, elle est en saillie et se rattache au collier par une portion de moindre section qui est comme le prolongement de la bielle d'excentrique. On peut alors réunir les deux pièces au moyen de boulons.

Les barres devant avoir une longueur rigoureusement exacte en vue d'ob-

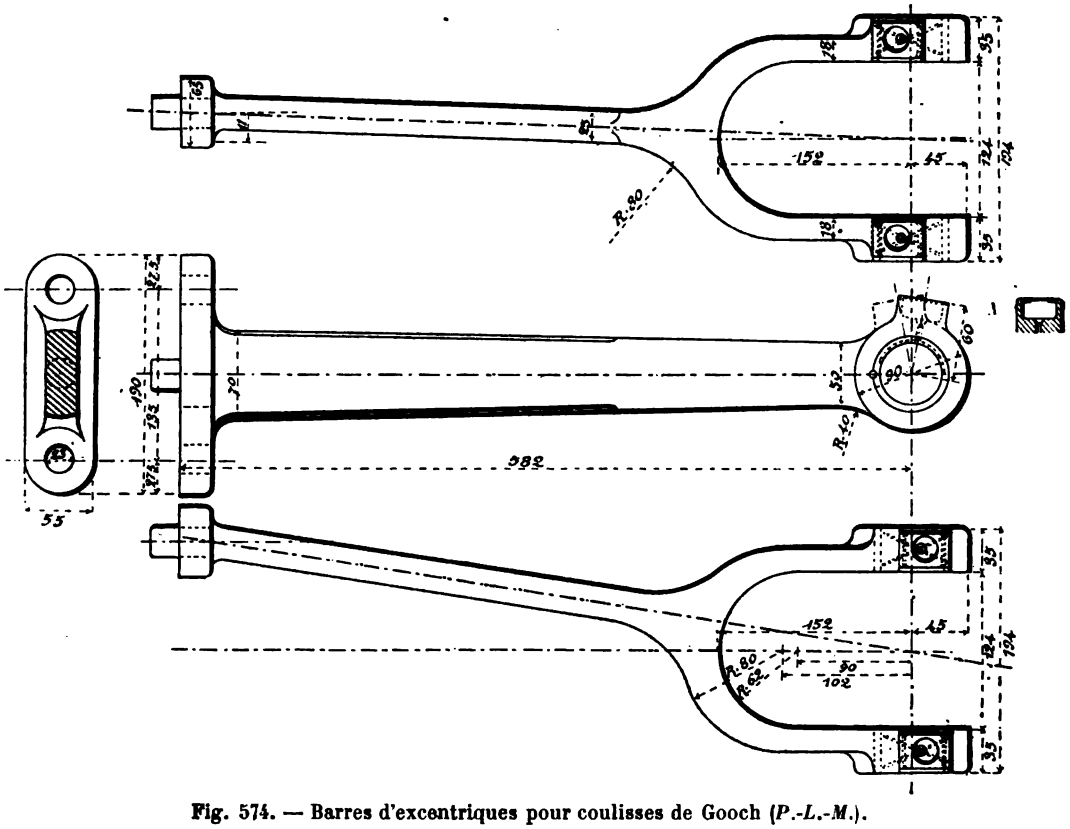


Fig. 574. — Barres d'excentriques pour coulisses de Gooch (*P.-L.-M.*).

tenir les phases de distribution demandées, on interpose, entre l'embase de la bielle et celle du collier, des cales en bronze dont on règle soigneusement l'épaisseur. La facilité que présente à ce point de vue l'assemblage par embases constitue une de ses supériorités.

Dans les locomotives américaines, la barre est encastrée par son extrémité, plate et simplement rabotée, dans une mortaise pratiquée sur le côté d'une queue venue de fonte avec le collier ; elle est maintenue par une clavette placée au milieu de l'assemblage, qui reçoit les efforts de cisaillement et par deux boulons qui s'opposent à ce que la barre sorte de son encastrement. Cette disposition (fig. 572, 573) est simple, peu coûteuse, et présente une grande solidité.

Digitized by Google

Les barres se font aujourd'hui en fer ou en acier doux forgés. Souvent on cémente et on trempe leurs têtes.

L'axe de la coulisse de changement de marche devrait, en principe, être placé suivant le plan transversal médian passant exactement entre les deux excentriques, les barres étant légèrement cintrées de part et d'autre pour rat-

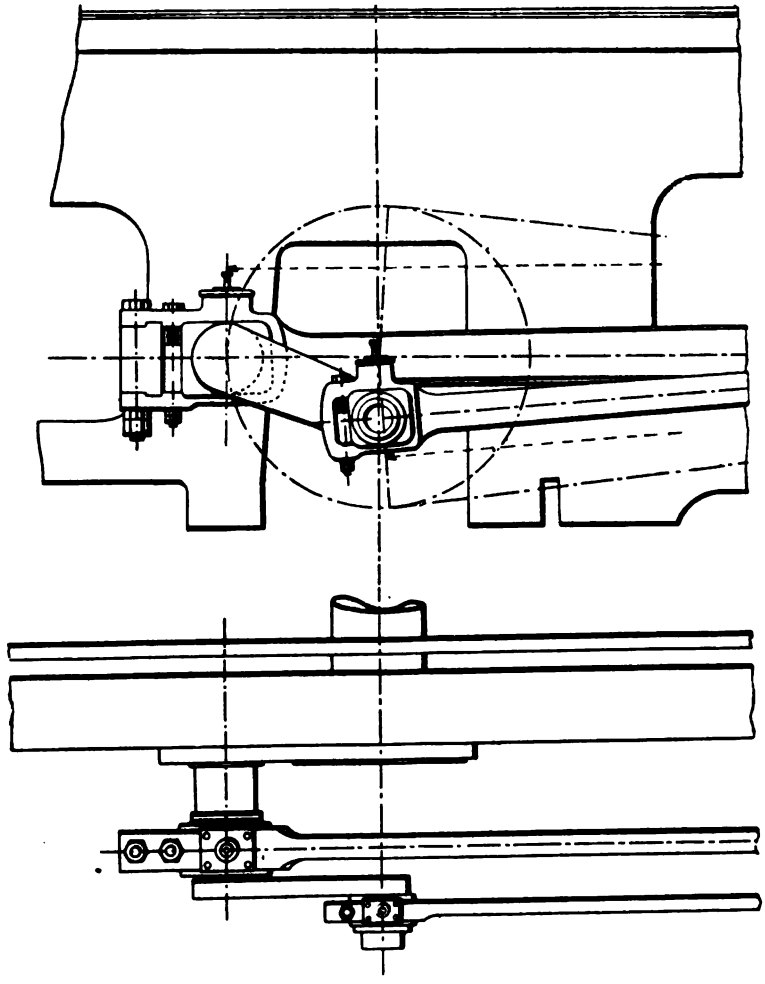


Fig. 575. — Contre-manivelle excentrée commandant une barre d'excentrique à rattrapage de jeu (Walschaërt).

traper l'obliquité qui en résulte pour chacune d'elles. Toutefois, comme dans la plupart des locomotives la marche arrière n'est qu'exceptionnelle, il convient de la sacrifier quelque peu pour améliorer le fonctionnement dans le cas de la marche avant qui est le régime normal. A cet effet, on place très souvent la coulisse dans le plan de l'excentrique de marche avant comme s'il était seul et sa barre est droite ; la bielle de l'excentrique de marche arrière

Digitized by Google

est seule déviée et de la quantité nécessaire pour qu'elle vienne s'articuler sur cette coulisse dont l'axe est ainsi reporté à quelque distance du plan médian de l'excentrique correspondant (fig. 574). Comme les barres se terminent toujours par une fourche, on en profite souvent pour diminuer leur obliquité en excentrant ces fourches de part et d'autre (fig. 568, 569) ; les bielles droites sont en effet préférables comme étant plus rigides.

Dans les machines à excentriques intérieurs, à six ou huit roues accouplées, les barres d'excentriques, quand les coulisses sont du type Stephenson, les bielles du tiroir si les coulisses sont du type Gooch, parfois l'une et l'autre, sont cintrées dans le plan vertical pour éviter l'essieu ou les essieux placés à l'avant de l'essieu moteur. Pour donner plus de raideur à ces barres, on relie souvent les deux branches droites par une partie démontable qui passe sous l'essieu.

L'axe d'articulation sur la coulisse est toujours venu de forge avec celle-ci quand la coulisse est à deux flasques et les deux têtes des barres doivent être ou cémentées et trempées ou mieux garnies d'une bague en bronze très dur ou en acier trempé ; elles portent en outre un petit graisseur. Quand les coulisses sont à simple flasque, l'axe est au contraire solidaire des têtes des fourches terminant les barres dans lesquelles il est maintenu par un ergot. Ces axes rapportés se terminent d'une part par une tête aplatie et de l'autre par une partie filetée qui reçoit un écrou.

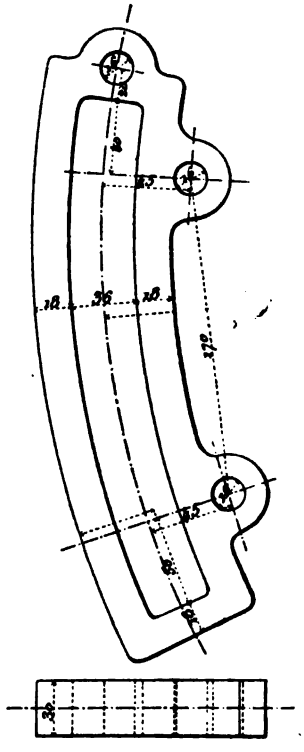


Fig. 576. — Coulisse de Stephenson à simple flasque.

275. Coulisses. — Les coulisses employées sur les locomotives, indépendamment du système général auquel elles appartiennent, se rattachent à deux modes de construction différents, à savoir : les coulisses fendues ou à flasque simple, et les coulisses fermées ou à deux flasques. Les premières sont seules usitées en Angleterre, aux États-Unis et dans quelques autres contrées; les secondes sont aujourd'hui presque exclusivement adoptées sur le Continent européen.

La coulisse fendue peut elle-même appartenir à deux types suivant que les centres d'articulation des barres sont reportés au delà de la fente centrale dans laquelle se meut le coulisseau, dans le prolongement de son axe, ou, moins espacés, se trouvent sur l'arrière (fig. 576 à 578). Le premier type, usité à une certaine époque, est maintenant abandonné parce qu'il nécessite

Digitized by Google

que les excentriques aient une course très notablement supérieure à celle des tiroirs, parfois un quart en plus, ce qui oblige à augmenter leur diamètre.

La coulisse fendue de ce dernier modèle, si répandue et si simple de construction qu'elle soit, n'a jamais été accueillie en France avec faveur, préci-

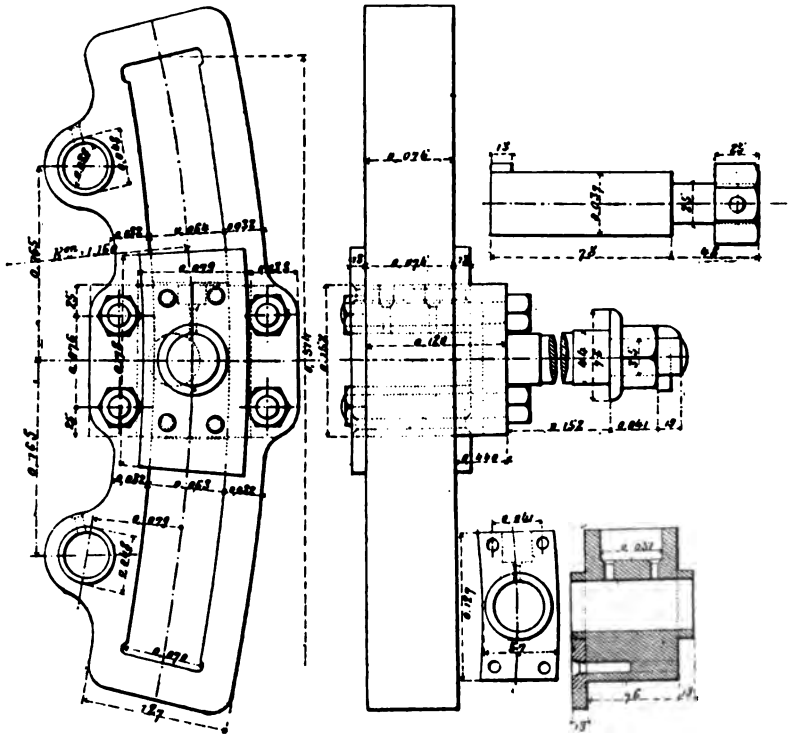


Fig. 577. — Coulisse fendue américaine, supportée en porte à faux.

sément parce que, les points d'articulation des barres ne se trouvant pas sur la ligne médiane correspondant à l'axe du coulisseau, il en résulte une perturbation, dans le sens longitudinal de la coulisse, qui crée, en certains points de la course, des frottements anormaux parfois accompagnés de chocs. On peut toutefois, en choisissant convenablement le point d'attache de la bielle de relevage et sa longueur, diminuer beaucoup cet effet.

La coulisse fendue la plus usitée est représentée figure 576. Elle se compose d'un secteur en acier forgé, au milieu duquel on a pratiqué une fente longitudinale dans laquelle peut glisser, avec un jeu aussi faible que possible, le coulisseau articulé sur la fourche terminant la tige du tiroir et qui embrasse la coulisse. Les barres d'excentrique sont articulées sur deux bossages venus de forge sur le dos de la coulisse. La bielle de relevage s'attache d'une part à l'extrémité de la coulisse opposée à l'arbre de relevage sur

Digitized by Google

lequel est calé un bras articulé par son extrémité à l'autre bout de la bielle.

Afin d'éviter les porte à faux, les barres d'excentrique et la tige du tiroir

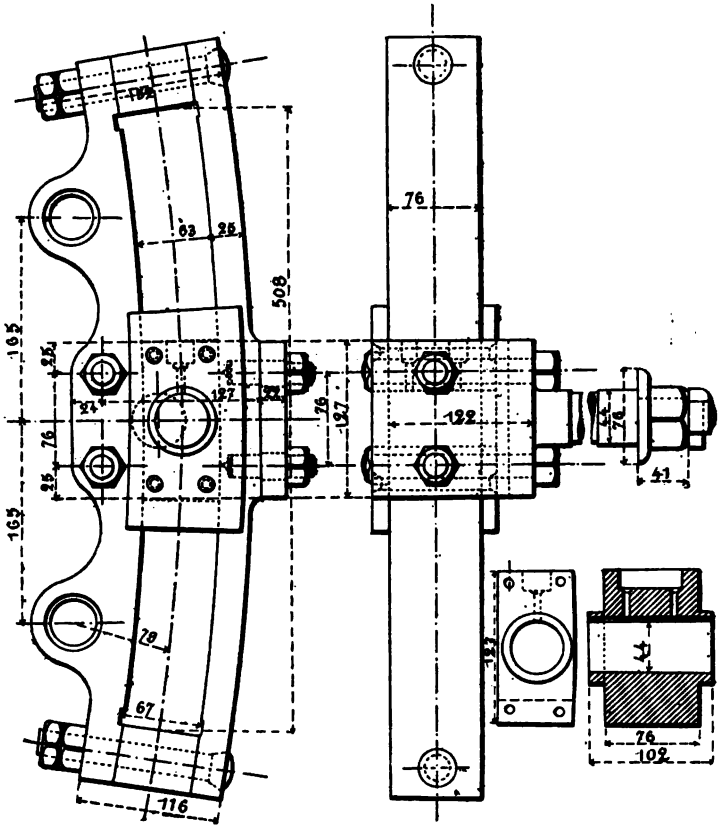


Fig. 578. — Coulisse américaine formée de plusieurs pièces assemblées.

se terminent par des fourches qui embrassent les deux côtés de la coulisse. On dispose deux bielles de relevage parallèles placées de part et d'autre, entre lesquelles oscille la coulisse.

Dans la plupart des cas, on préfère placer l'articulation des bielles de relevage sur la ligne médiane de la coulisse et au centre; on doit alors rapporter l'axe qui la compose, venu de forge avec une pièce en forme d'U, embrassant la coulisse sur laquelle elle est boulonnée vers l'arrière; cette pièce laisse, entre sa face intérieure et la coulisse, un espace assez grand pour livrer place à la fourche de la tige ou de la bielle du tiroir articulée au coulisseau. Par simplification, les Américains se contentent presque toujours de disposer d'un seul côté un tourillon de relevage boulonné aux deux branches de la coulisse; celle-ci est alors suspendue en porte à faux; ce tourillon est nécessairement très long (fig. 577, 578). Comme on ne peut

Digitized by Google

munir la tige de tiroir d'une fourche qui ne saurait passer du côté où se trouve cet axe de suspension, on opère aussi la commande du tiroir en porte à faux. Cette disposition, qui ne semble pas recommandable, donne pourtant toute satisfaction, mais les tiroirs des locomotives américaines sont équilibrés et les presse-étoupes usités donnent peu de serrage, ce qui réduit les efforts qu'ont à supporter les coulisses. En outre, elle est surtout possible par cette raison que la coulisse est directement articulée sur l'extrémité inférieure du bras de l'arbre de renvoi par un tourillon qui, malgré son porte à faux, présente une grande rigidité. Elle est d'ailleurs rendue nécessaire par ce mode de commande lui-même nécessitant que la coulisse soit entièrement ouverte d'un côté.

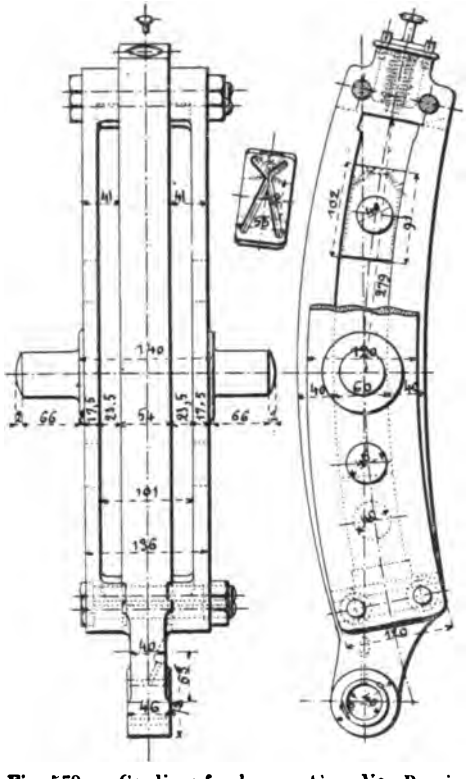


Fig. 579. — Coulisse fendue, système Von Borries.

Quelques constructeurs américains font en plusieurs pièces rapportées les coulisses des grosses machines, comme on pourra s'en assurer par l'examen de la figure 578.

La *coulisse fermée* ou à deux flasques est de construction plus compliquée mais présente une disposition plus rationnelle. On en trouvera des exemples figures 580 à 584. Cette coulisse est composée de deux parties symétriques par rapport à son plan médian, composées chacune d'une flasque en section à ⊏ portant, de forge, les boutons d'articulation des bielles d'excentrique et de relevage. Les bielles d'excentrique sont à fourche et la tige du tiroir se termine par une tête plate à œil qui pénètre entre les deux flasques et porte un tourillon sur lequel viennent se fixer deux coulisseaux. Le montage de la coulisse doit être effectué avec le plus grand soin pour que les quatre portions distinctes des flasques formant les surfaces frottantes sur lesquelles viennent s'appliquer les tourillons, se correspondent rigoureusement deux à deux.

Les coulisses se font en acier demi-dur ou en fer cémenté puis trempé et rectifié ; on obtient ainsi des surfaces d'une grande dureté qui s'usent lentement. Le coulisseau est quelquefois en bronze dur, mais plus souvent en

Digitized by Google

acier trempé et rectifié. Les parties frottantes et les articulations des coulisses sont soumises à des efforts considérables relativement à la section des pièces et à l'étendue des surfaces frottantes ; il faut donc prendre des précautions contre l'usure qui aurait des effets nuisibles sur la régulation.

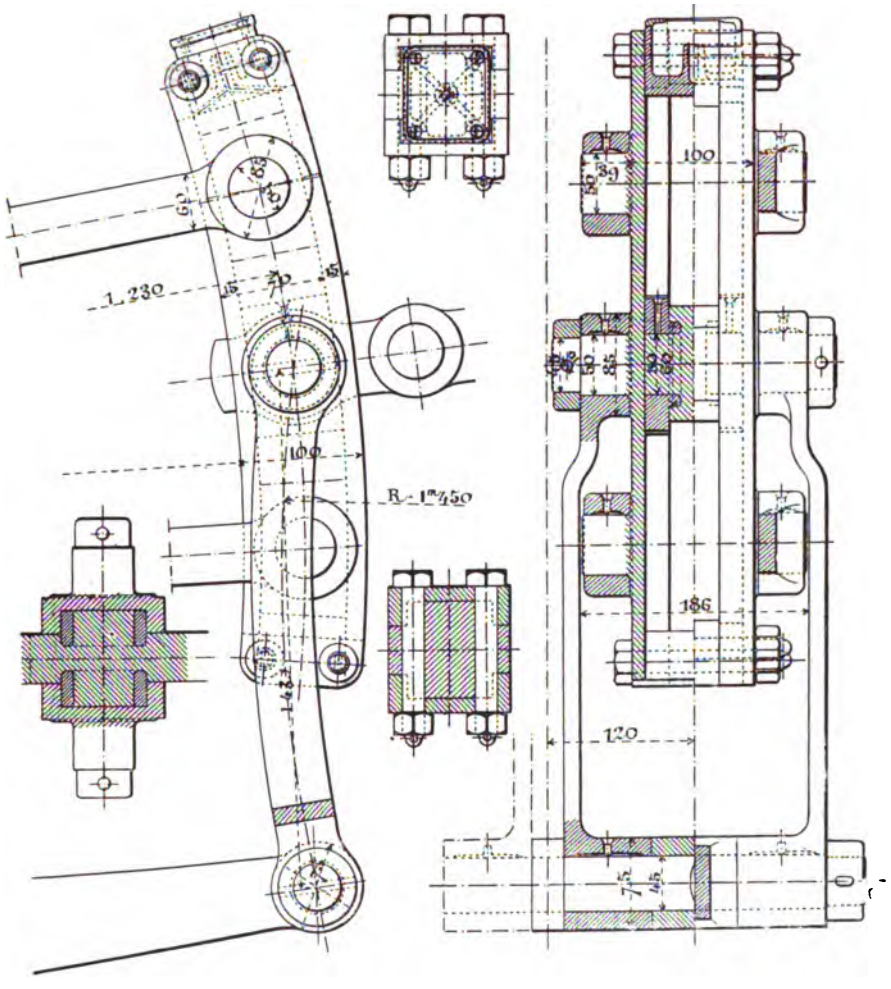


Fig. 580. — Coulisse du type Stephenson et suspension. Locomotives de banlieue (série 729-742) des *Chemins de fer de l'Est.*

Dans les coulisses fendues, on ne dispose ordinairement pas d'autre moyen de graissage qu'un trou percé sur le coulisseau ; les coulisses fermées portent un graisseur à mèche ou sans mèche disposé à la partie supérieure.

276. Commande des tiroirs. — La transmission de la coulisse au tiroir doit être aussi directe que possible et comporter le nombre minimum d'articulations. Dans la pratique on ne peut toujours satisfaire à ce desideratum,

Digitized by Google

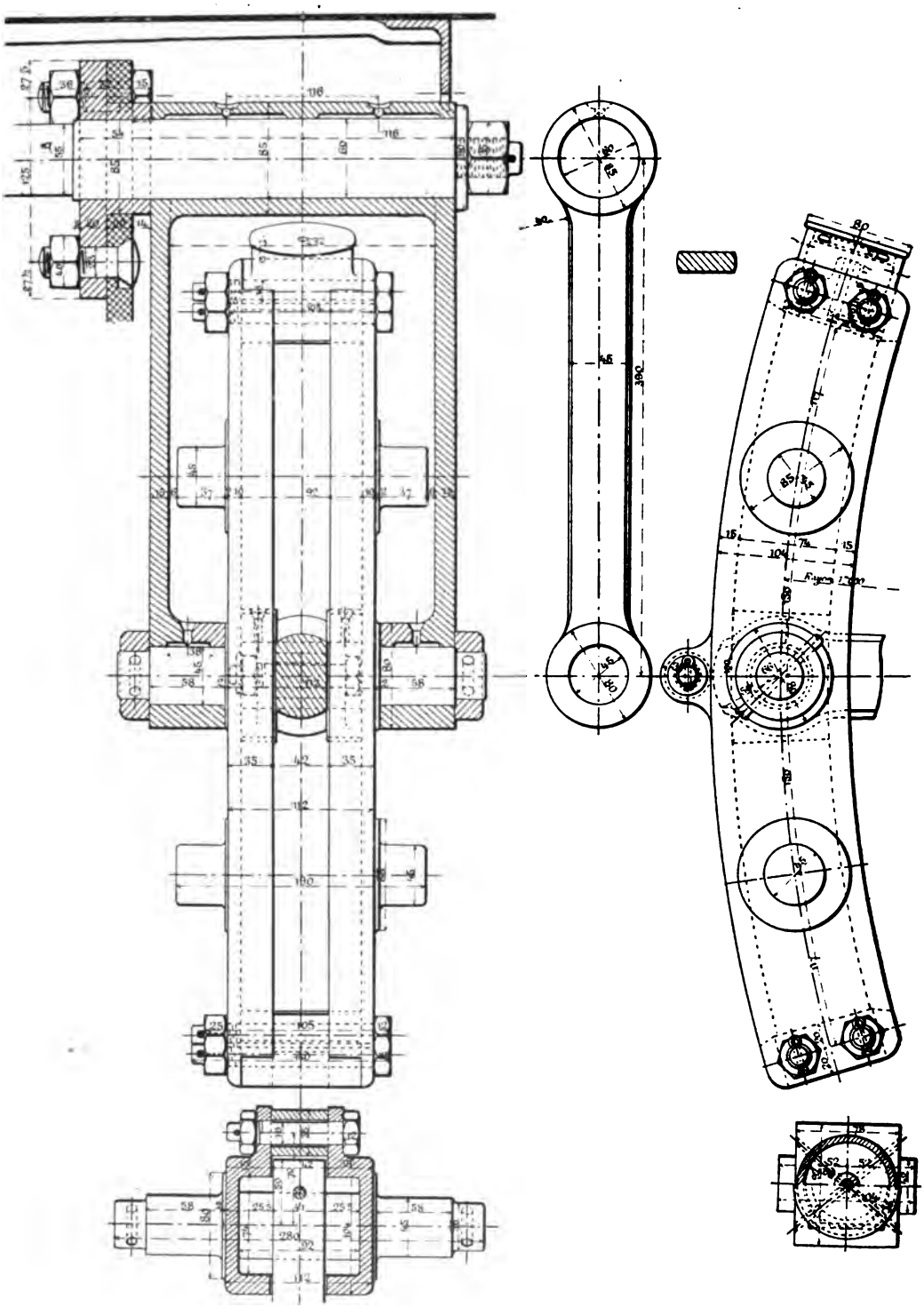


Fig. 581. — Coulisse de Gooch et support ; locomotives à grande vitesse (série 77-86) du *Chemin de fer d'Orléans*.

Digitized by Google

la position des tiroirs d'une part et celle des excentriques d'autre part

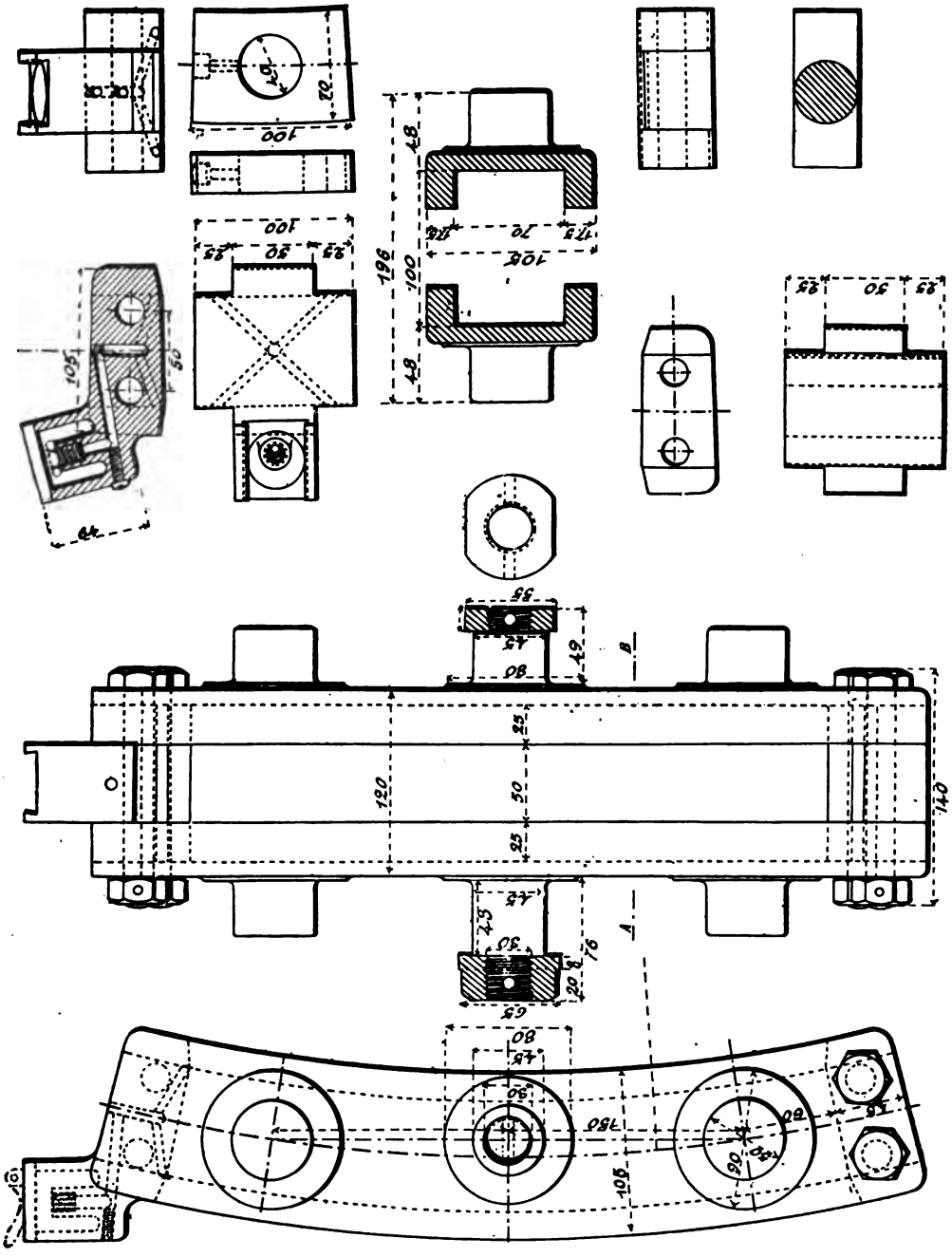


Fig. 582. — Détail des coulisses, du type Gooch, des locomotives compound à grande vitesse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

étant souvent déterminée par des considérations particulières et ne se correspondant pas. Nous examinerons quelques-uns des différents cas qui peuvent se présenter.

Digitized by Google

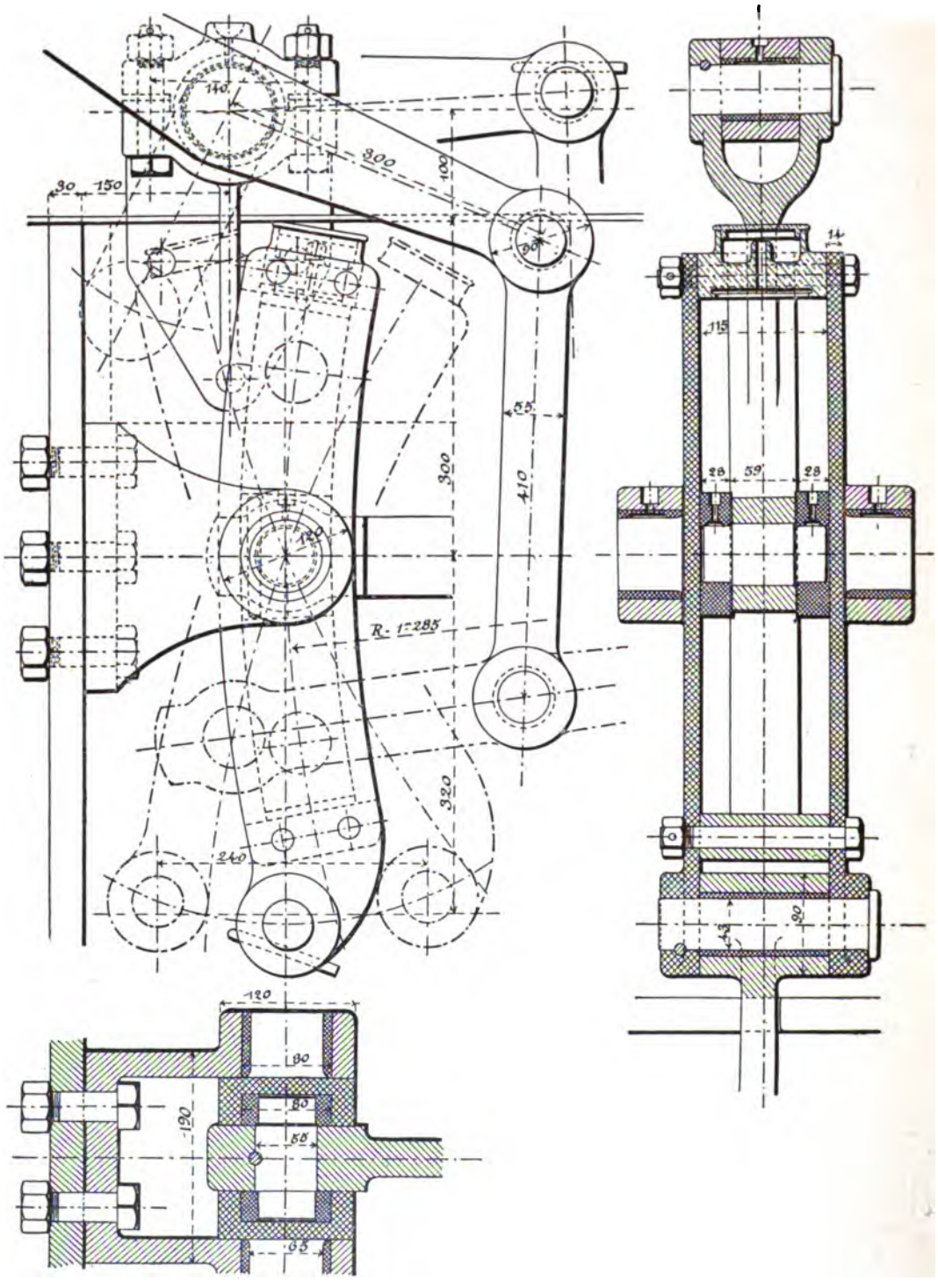


Fig. 583. — Coulisse et relevage pour distribution Walschaërt, Locomotives à six roues accouplées du *Central Suisse*.

Digitized by Google

Coulisse de Stephenson. — Quand les tiroirs sont disposés à peu près verticalement ou inclinés transversalement et que leur tige peut être inclinée de manière à converger vers le centre de l'essieu moteur, que les cylindres soient intérieurs ou extérieurs, on fait usage d'une commande directe (fig. 444). Le plus souvent, le coulisseau est articulé sur la tête de la tige du tiroir elle-même qui est maintenue par une partie plus grosse, carrée ou cylindrique, traversant un guide solidaire de la plaque de support des glissières, et qui, le plus souvent, est ajustable. Nous avons vu que, parfois, pour rattraper le déport de l'axe du tiroir, la coulisse actionnait souvent une fausse tige clavetée ou boulonnée à la tige du tiroir à laquelle elle est parallèle (fig. 442) et portant un ou deux coudes et que, dans les machines françaises à cylindres extérieurs, on préférait une fausse tige droite, guidée aux deux extrémités (figure 430) et reliée à la tige du tiroir par un T.

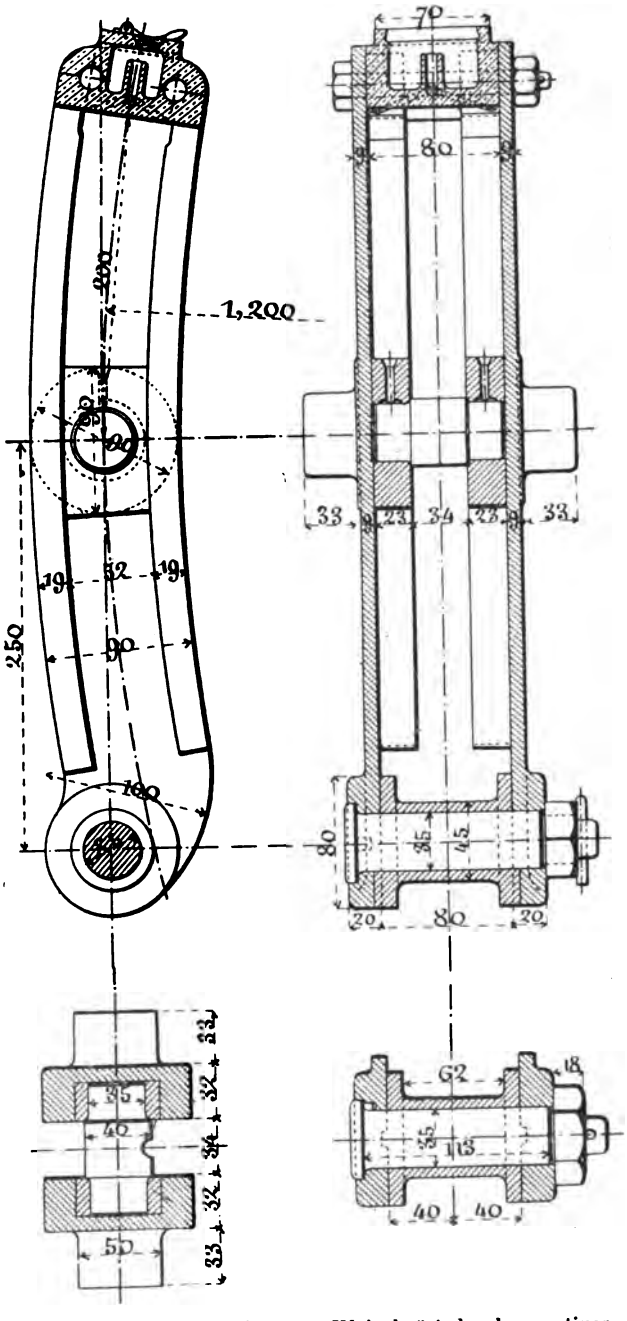


Fig. 584. — Coulisse, du type Walschaërt des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord.*

Dans certaines machines où les coulisses sont très loin des tiroirs, on préfère, au guide à glissement, une suspension

Digitized by Google

par articulation, une bielle reliant la coulisse à la tige du tiroir comme dans le cas de la distribution Gooch (*Est* Mach. 729 à 742 ; 801 à 840).

Cette disposition offre le léger inconvénient suivant. Le point d'articulation

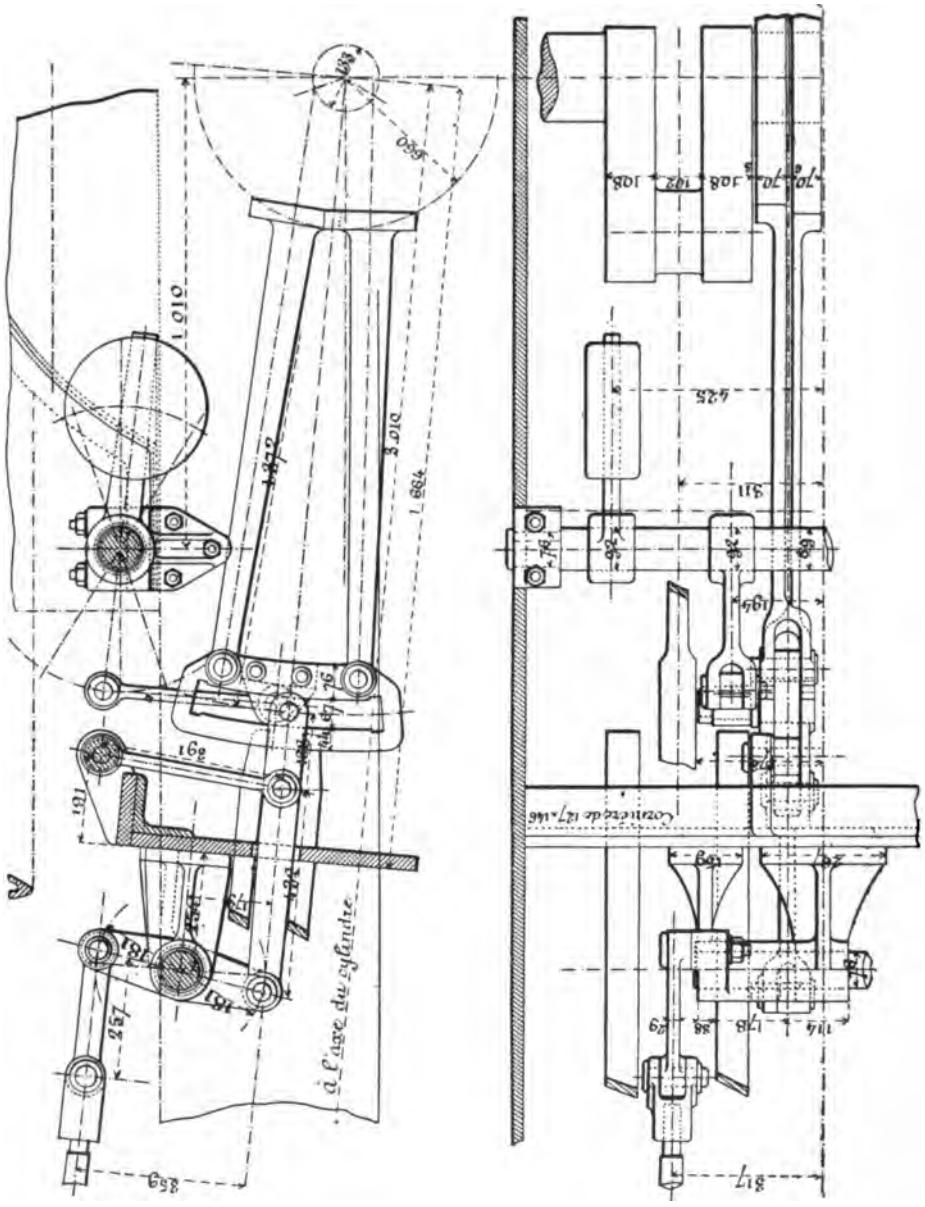


Fig. 585. — Renvoi de mouvement des coulisses aux tiroirs (*Taff Vale Railway*).

de la barre de commande du tiroir décrit un arc de cercle ; si la bielle de suspension n'est pas très longue, la flèche de cet arc est assez considérable pour imprimer au coulisseau un déplacement vertical alternatif suffisant pour donner lieu à des chocs, d'autant plus que ce mouvement est amplifié, le

Digitized by Google

point de suspension se trouvant placé entre le coulisseau et la tête de la tige du tiroir. Pour y remédier, certains constructeurs placent le point de suspension en arrière de la coulisse (fig. 588), ce qui atténue le mouvement parasite dont nous venons de parler mais cette disposition n'est possible que si la coulisse est supportée en porte à faux.

Dans beaucoup de locomotives françaises construites il y a quelques années (*Ouest*, Mach. 800 et 1 000; machines Petiet du *Nord*, etc.), la coulisse actionnait une sorte de balancier vertical oscillant sur un point fixé aux longerons et commandant par son autre extrémité, en un point très voisin de celui qui portait le coulisseau, une bielle double reliée à la tige du tiroir qui ne portait pas de guide. Cette disposition avait l'avantage de permettre de donner à la table du tiroir une inclinaison différente de celle qui correspondait à la convergence de la tige vers le centre de l'essieu et même de la disposer horizontalement, mais en la déportant sur le côté.

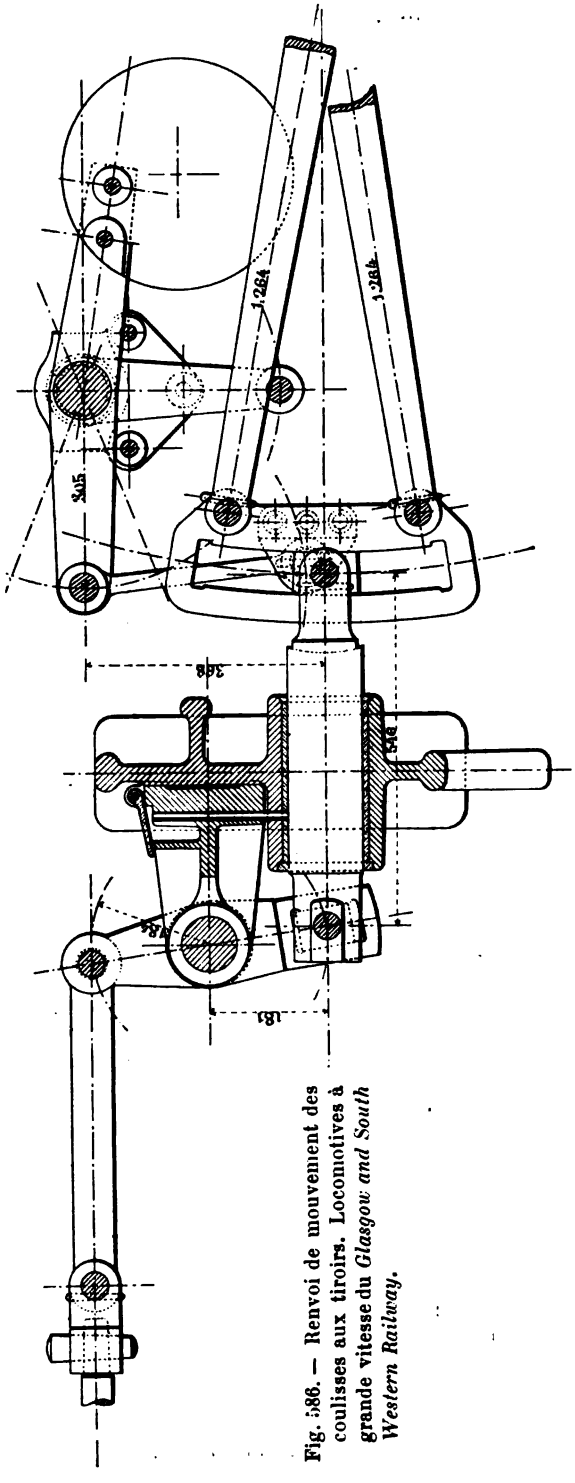


Fig. 586. — Renvoi de mouvement des coulisses aux tiroirs. Locomotives à grande vitesse du *Glasgow and South Western Railway*.

Quand on place les tiroirs horizontalement au-dessus des cylindres, on doit interposer entre eux et les coulisses, un renvoi de mouvement. On en trouvera (fig. 585, 586) des exemples qui s'expliquent d'eux-mêmes. Tantôt la coulisse commande directement le balancier vertical de ce renvoi de mouvement sur lequel est monté directement le coulisseau; tantôt elle l'actionne

Digitized by Google

par l'intermédiaire d'une bielle suspendue à un point fixe du châssis.

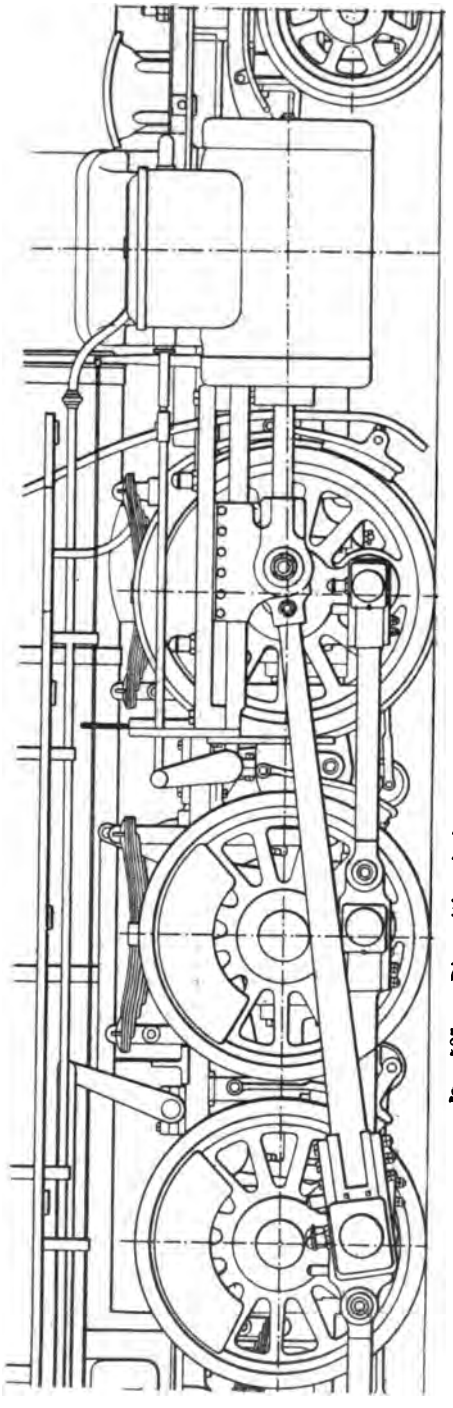


Fig. 587. — Disposition de la commande des tiroirs des locomotives américaines.

Dans toutes les locomotives américaines, les tiroirs sont placés horizontalement au-dessus des cylindres qui sont extérieurs ; les coulisses, toujours intérieures, actionnent ces tiroirs par l'intermédiaire d'un arbre de renvoi appelé *rocking shaft*, suivant un dispositif bien connu (fig. 586 à 589).

Dans une telle disposition, le calage des excentriques doit être modifié de 180°, le mouvement des tiroirs étant renversé par le balancier.

Une des particularités des distributions américaines consiste dans la suppression de la bielle du tiroir, la tige de ce dernier étant directement articulée sur le levier de l'arbre de renvoi dont le rayon est pourtant peu considérable par rapport à l'angle qu'il décrit (fig. 587). Il en résulte que cette tige doit fléchir légèrement à chaque demi-tour de roue. L'expérience montre que cela n'a aucun inconvénient par suite de la grande longueur donnée à la tige du tiroir, au contraire, la suppression d'une articulation et d'un guidage pour la tige constitue une simplification importante entraînant une réduction du déréglage provenant des jeux.

Parfois, les cylindres et les coulisses étant intérieurs, on place les tiroirs verticalement au dehors (*Nord*, Mach. 2101 ; *North Eastern Ry*, quelques express ; de nombreuses locomotives construites par les ateliers Neilson pour les colonies anglaises) et on les actionne par un arbre de renvoi, mais dont les deux bras sont disposés dans le même sens, vers le bas (fig. 445).

Digitized by Google

Coulisses de Gooch et d'Allan. — Dans la disposition la plus fréquente (presque toutes les machines de la Compagnie d'*Orléans*, beaucoup de machines des chemins du *Midi* et de l'*Etat*) la bielle de tiroir actionne directement la tige de ce dernier qui coulisse dans un guide ordinairement fixé sur

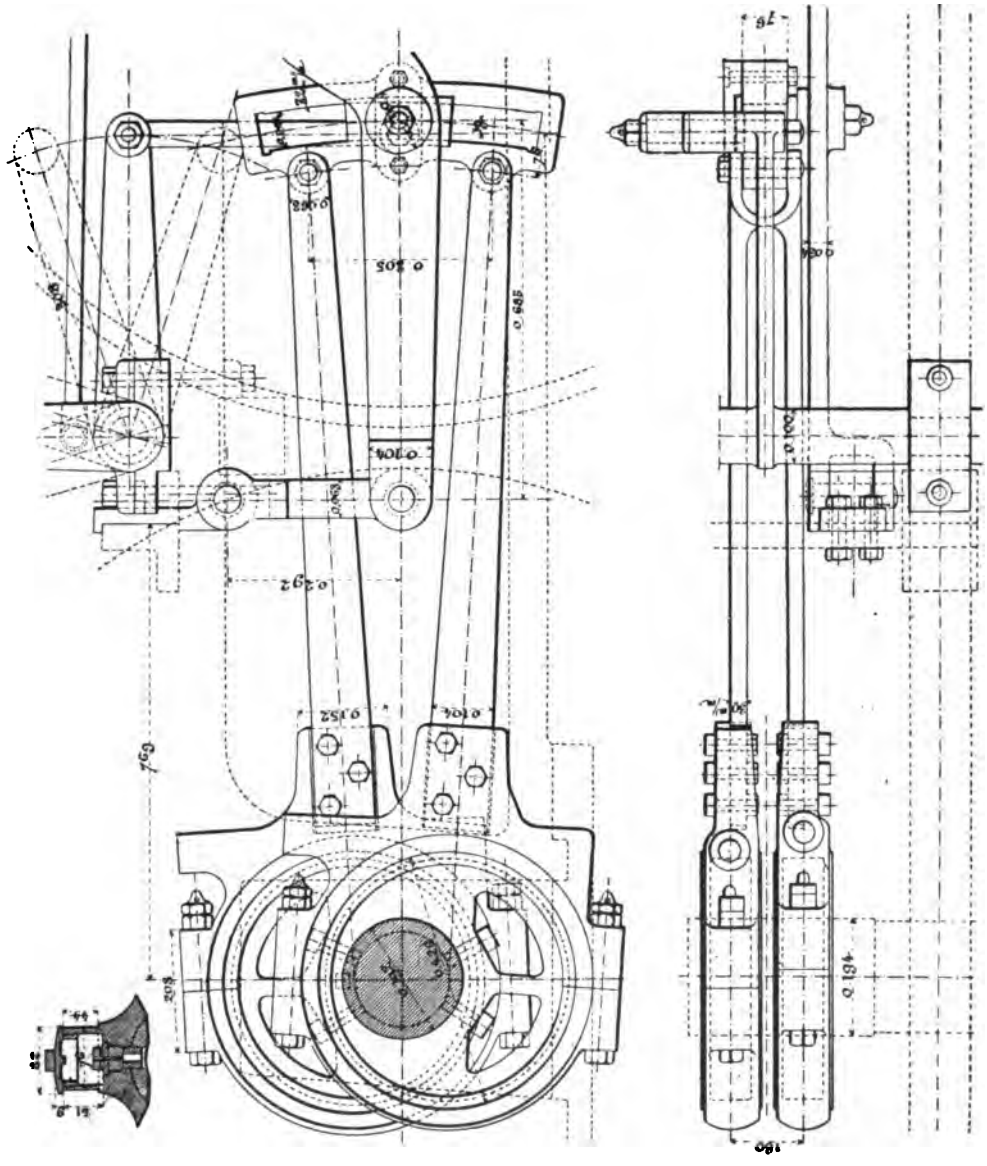


Fig. 588. — Disposition des excentriques et coulisses dans une locomotive américaine.

le fond de la boîte à tiroir et qui se compose soit d'une simple douille à fourche, soit de deux petites glissières fondues ensemble sur lesquelles frotte un petit coulisseau portant le bouton d'articulation de la bielle du tiroir (fig. 591 et 592) (1).

Quand ces coulisses actionnent le tiroir par l'intermédiaire d'un arbre de

Digitized by Google

renvoi, la bielle du coulisseau est articulée à son extrémité antérieure au bouton du balancier (Mach. type 600 de la Compagnie de l'*Ouest*).

Distributions Walschaërt et Joy. — Ces distributions s'emploient sans arbre intermédiaire, la bielle de la coulisse actionnant directement le balancier articulé, d'une part à la tige du tiroir, de l'autre à la tige du piston (fig. 592) (2). La seule exception que nous connaissions est donnée par un certain lot de locomotives compound à grande vitesse et à roues libres du *North Eastern Ry* dans lesquelles la distribution Joy, intérieure, actionne, par l'intermédiaire d'arbres de renvoi, des tiroirs placés à l'extérieur entre les roues du truck. C'est une disposition compliquée et comportant un grand nombre d'articulations, trop exceptionnelle pour que nous l'ayons reproduite et qui a été abandonnée.

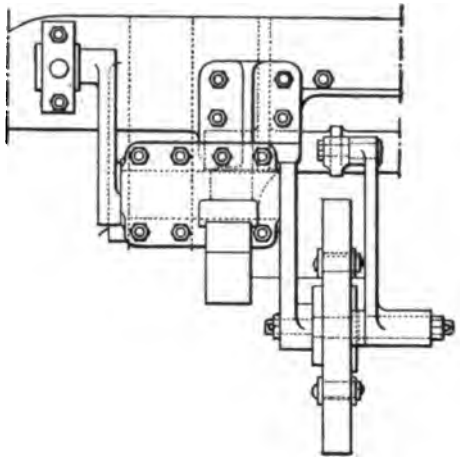


Fig. 589. — Vue d'arrière du renvoi de mouvement au tiroir des locomotives américaines.

Guidage des coulisses. — Les coulisses de Stephenson sont parfaitement guidées et maintenues transversalement par les guides des tiges de tiroir placées en un point très voisin ; celles de la distribution Walschaërt le sont encore mieux puisqu'elles oscillent dans des paliers fixes. Les coulisses de Gooch, qui sont simplement suspendues au châssis par deux bielles pendantes, comme d'ailleurs les bielles de tiroir qui viennent s'y articuler, le sont sur les bras de l'arbre de relevage, peuvent prendre, lorsque les barres sont longues, sous l'action des trépidations, une sorte de ballottement transversal peu favorable à leur bon fonctionnement et à la durée des organes. On y remédie parfois en faisant venir, sur la bielle du tiroir, un

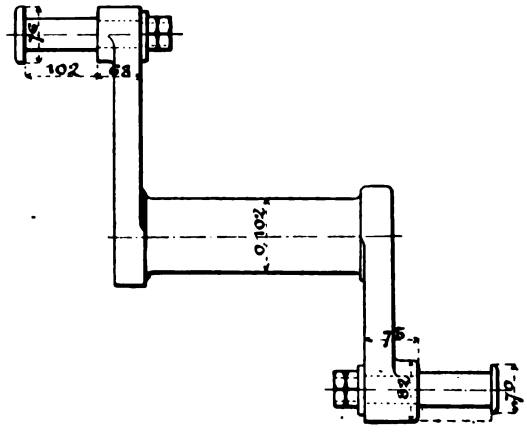


Fig. 590. — Rocking-shaft ou arbre de renvoi de la distribution des locomotives américaines.

Digitized by Google

méplat dressé passant à frottement doux à l'intérieur d'une fente pratiquée soit dans un guide spéeial, soit mieux dans la plaque formant support de glissières. Dans les machines à marchandises de la Compagnie de l'*Ouest*

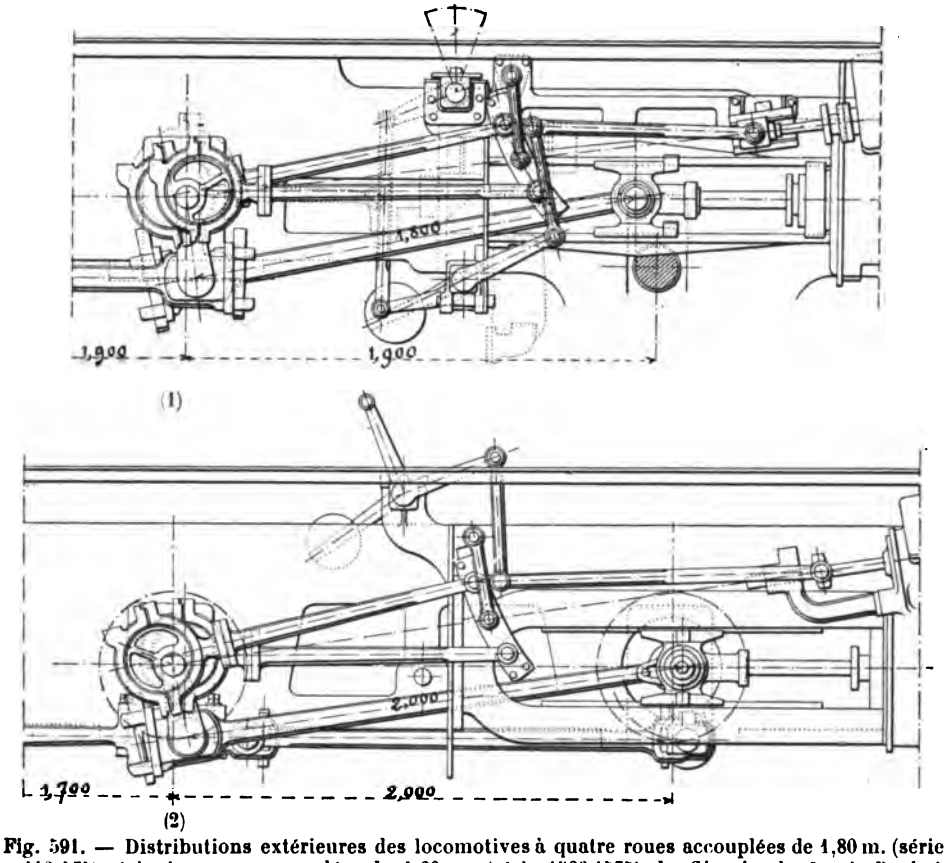


Fig. 591. — Distributions extérieures des locomotives à quatre roues accouplées de 1,80 m. (série 448-575) et à six roues accouplées de 1,60 m. (série 1566-1575) du *Chemin de fer de Paris à Orléans*.

(type **2 000**), les extrémités des coulisses portent une petite lame en fer placée dans leur prolongement et passant entre les deux secteurs parallèles en laiton boulonnés au châssis.

277. Appareils de changement de marche. — Un mécanisme spécial, à la main du mécanicien, permet de modifier à tout instant la position des coulisses et, par conséquent, le degré d'admission dans les cylindres ou le sens de la marche. Ce mécanisme se compose d'un arbre transversal situé au-dessus ou au-dessous des coulissses qu'il commande au moyen de bras et de bielles articulées, appelé *arbre de relevage*, dont la position angulaire est réglée à l'aide d'un appareil à levier ou à vis, situé à l'arrière, sur la plate-forme, et par l'intermédiaire d'une barre de relevage.

Digitized by Google

L'appareil de manœuvre est situé à hauteur convenable, du côté du mécanicien. Sur le continent européen en général et aux États-Unis il se trouve à droite ; sur beaucoup de lignes anglaises (*Brighton*, *North-Western*, etc.), il est à gauche.

Autrefois, le changement de marche était toujours commandé par un levier,

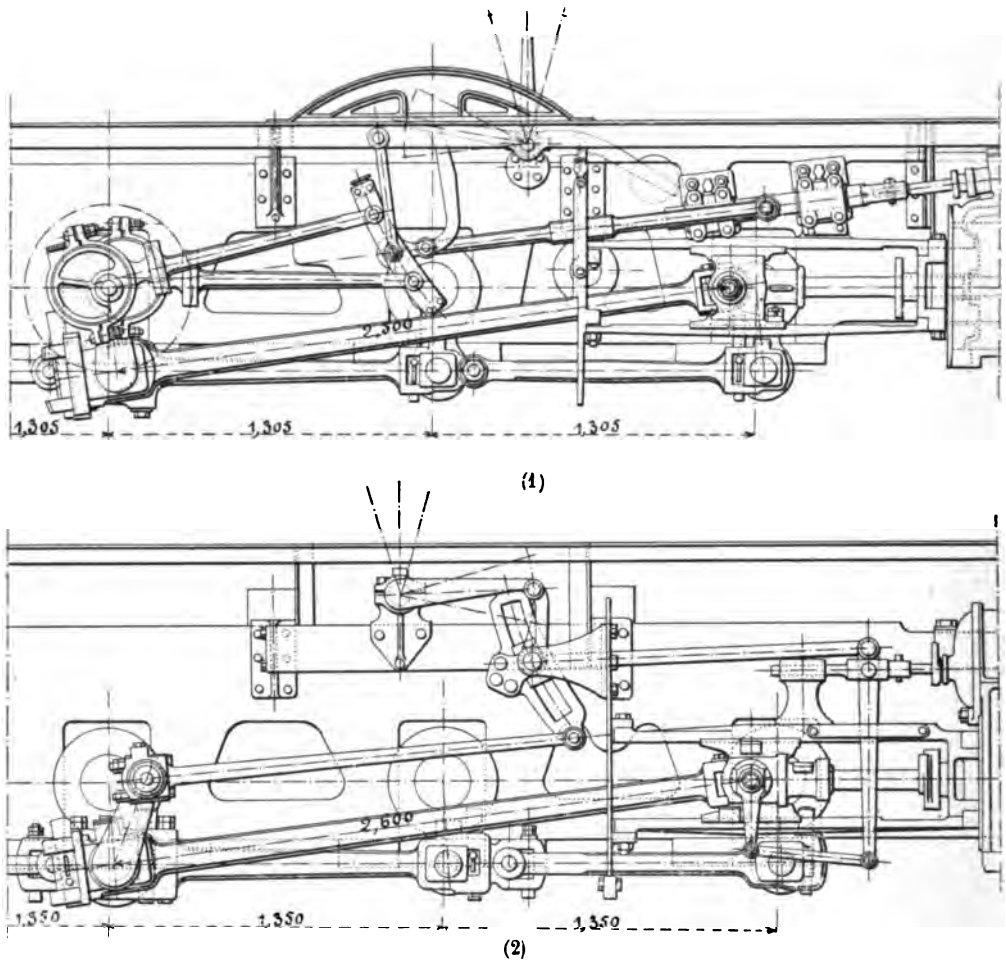


Fig. 592. — Distributions extérieures des locomotives à huit roues accouplées des *Chemins de fer de l'Est* (coulisses de Gooch) et de l'*État français* (distribution Walschaërt).

se mouvant le long d'un secteur denté, et maintenu dans la position désirée par une clichette à ressort. Ce système est encore employé en Angleterre et surtout en Amérique. En France et sur le continent européen, on préfère aujourd'hui le changement de marche à vis (fig. 595 à 599). La barre de relevage vient s'articuler sur une vis horizontale ou légèrement inclinée placée à droite du foyer, à l'arrière, maintenue entre des petits paliers solidaires soit des longerons, soit de la chaudière. Comme cet écrou ne peut tourner, il

Digitized by Google

est poussé vers l'avant ou vers l'arrière suivant le sens dans lequel le mécanicien imprime à la vis, à l'aide d'un volant calé sur son extrémité arrière, un mouvement de rotation de droite à gauche ou de gauche à droite. Cet écrou entraîne avec lui la barre et tout le mécanisme de relevage. Une fois les coulisses parvenues dans la position que l'on voulait leur donner, on fixe le tout à l'aide d'un verrou coulissant dans un des bras du volant de manœuvre.

L'écrou est solidaire d'un index qui se meut avec lui le long d'une règle en laiton graduée placée sous les yeux du mécanicien, au-dessus de la vis et dont les gradations correspondent approximativement aux degrés d'admission en centièmes.

Le changement de marche doit être suffisamment doux mais, en même temps, pouvoir se manœuvrer aussi rapidement que possible d'un point extrême à l'autre de sa course, ce qui exige que le pas de la vis soit convenablement proportionné. En général, on dispose l'ensemble de l'appareil pour que la marche puisse se changer du cran extrême *AV* au cran extrême *AR* et inversement pour six à huit tours du volant.

On emploie parfois d'autres systèmes dans lesquels c'est le volant lui-même qui sert d'écrou, la vis, solidaire de la barre de changement de marche, se déplaçant avec elle.

Quelques locomotives de deux lignes écossaises, le *North British* et le *Caledonian*, sont munies de changements de marche dans lesquels la vis est placée verticalement contre le couvre-roue arrière de gauche, dans l'abri, et actionnent l'arbre de relevage, placé sous les coulisses, par l'intermédiaire d'un renvoi de mouvement ; pour diminuer la saillie du volant qui est situé horizontalement et pourrait gêner les agents, on l'a placé au-dessus du couvre-roues lui-même et il commande la vis par l'intermédiaire de pignons.

En Belgique et en Allemagne, on emploie souvent un système mixte dans lequel un appareil à vis, assez simple, peut agir sur un levier de changement de marche du type ordinaire relié à la barre de relevage. Un débrayage rend à volonté le levier dépendant ou indépendant de la vis, et permet d'opérer la manœuvre par l'un ou l'autre des deux procédés (fig. 594).

Le levier simple présente certains avantages en ce qu'il permet, quand les tiroirs n'offrent pas à l'action de la vapeur une très grande surface et par conséquent n'exigent pas, pour être manœuvrés, un déploiement excessif de force musculaire, de changer plus rapidement la marche ; il est en outre plus simple et moins coûteux. Toutefois, il ne suffit plus dans les fortes machines et n'est pas sans présenter quelques dangers, le levier pouvant, sous l'action des efforts dus à l'obliquité des coulisses ou des bielles de tiroir et à leur glissement longitudinal sur les coulisseaux, s'il vient à se déclancher, frapper violemment et blesser le mécanicien.

Digitized by Google

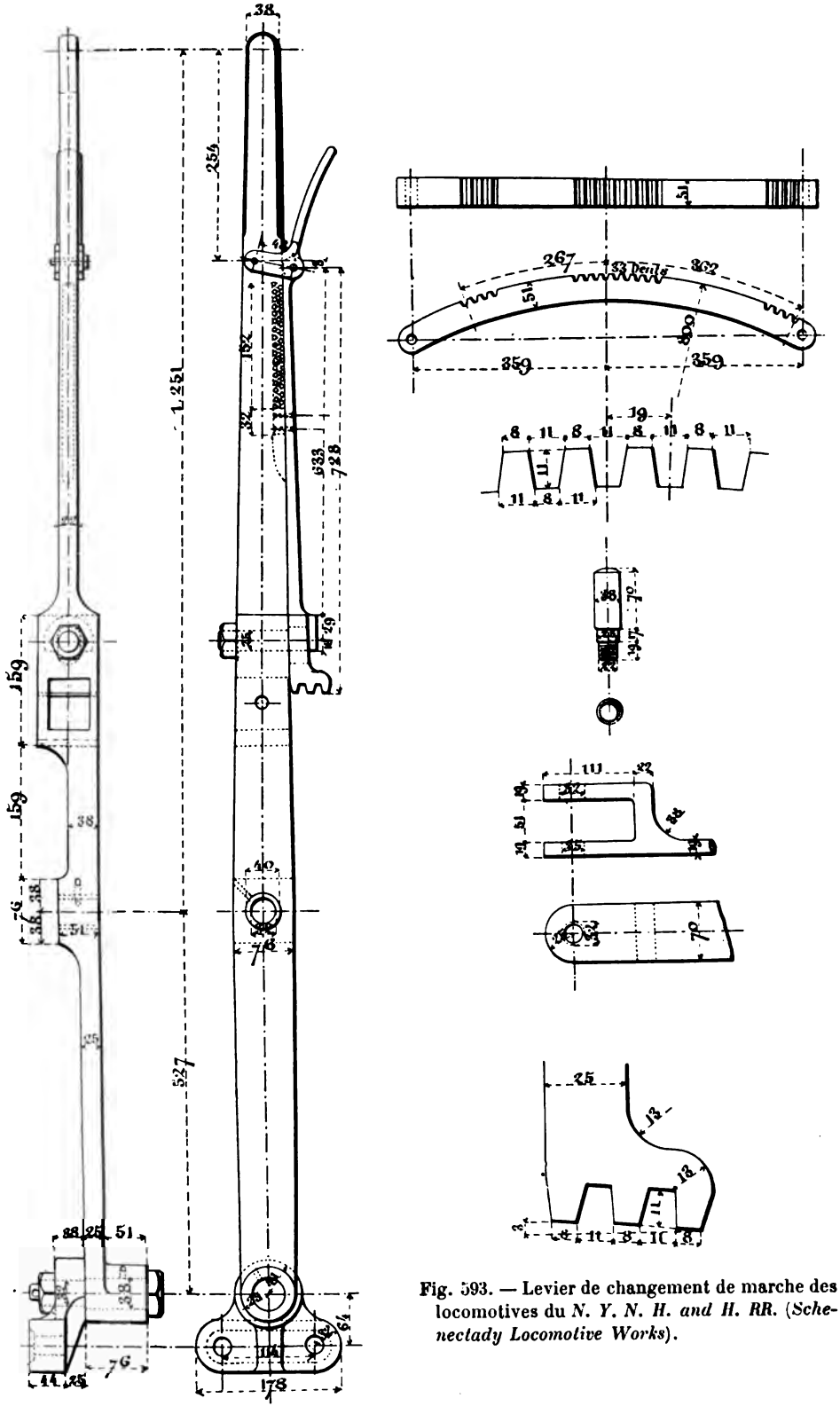


Fig. 593. — Levier de changement de marche des locomotives du *N. Y. N. H. and H. RR.* (*Schenectady Locomotive Works*).

Digitized by Google

On retrouve cependant encore le levier sur la plupart des locomotives anglaises, sur *toutes* les machines américaines (fig. 593) dont quelques-unes

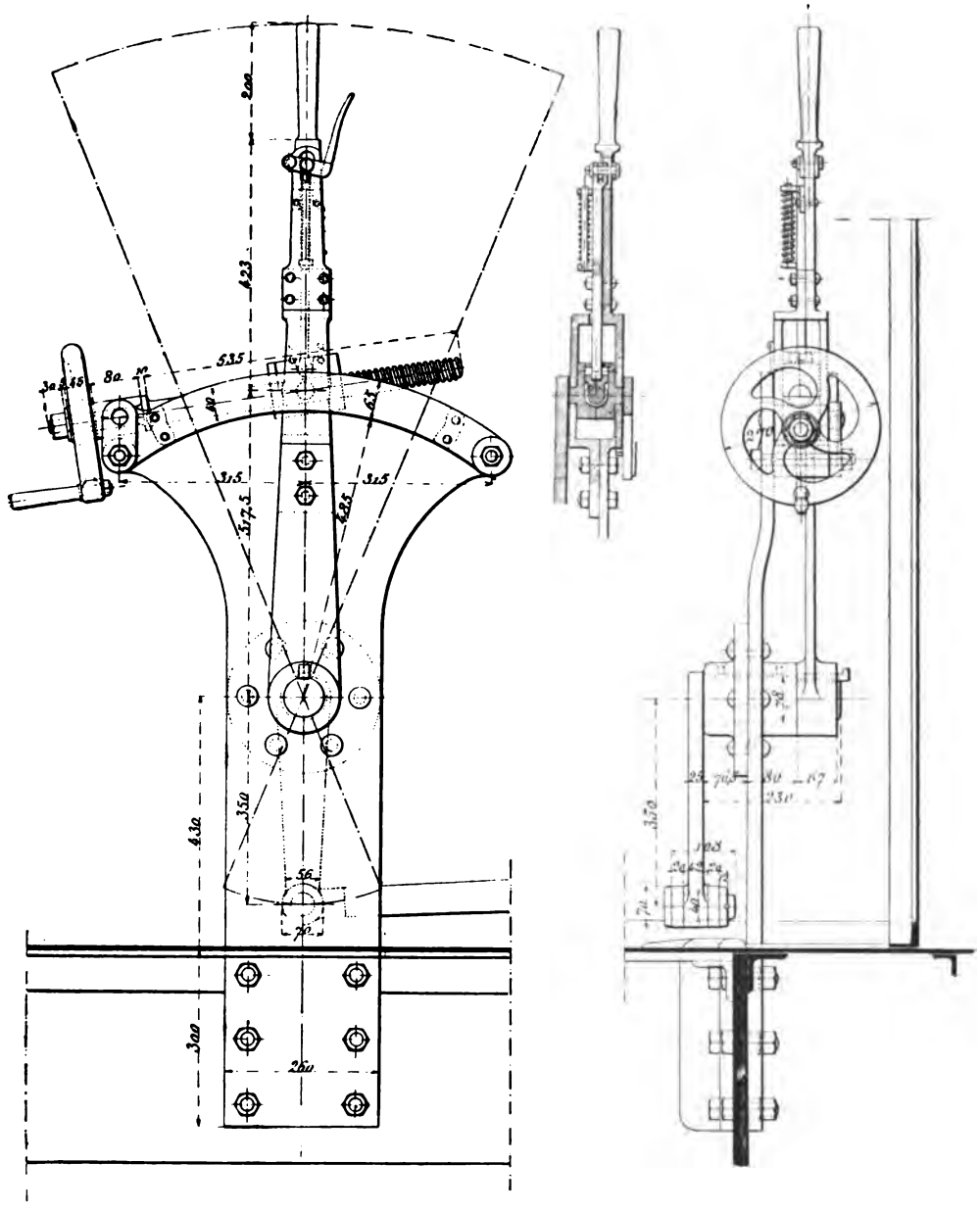


Fig. 594. — Manœuvre mixte, à levier et à vis, du changement de marche (*État belge*).

sont pourtant des plus puissantes qui existent. Il est vrai qu'elles comportent toutes des tiroirs équilibrés et des presse-garnitures donnant peu de serrage à leurs tiges. Nous avons constaté nous-même que ces leviers sont d'une

Digitized by Google

manœuvre très douce, même quand le régulateur est ouvert et on s'explique pourquoi ils sont encore préférés aux États-Unis.

Ces leviers de changement de marche se font en fer forgé; mais, souvent,

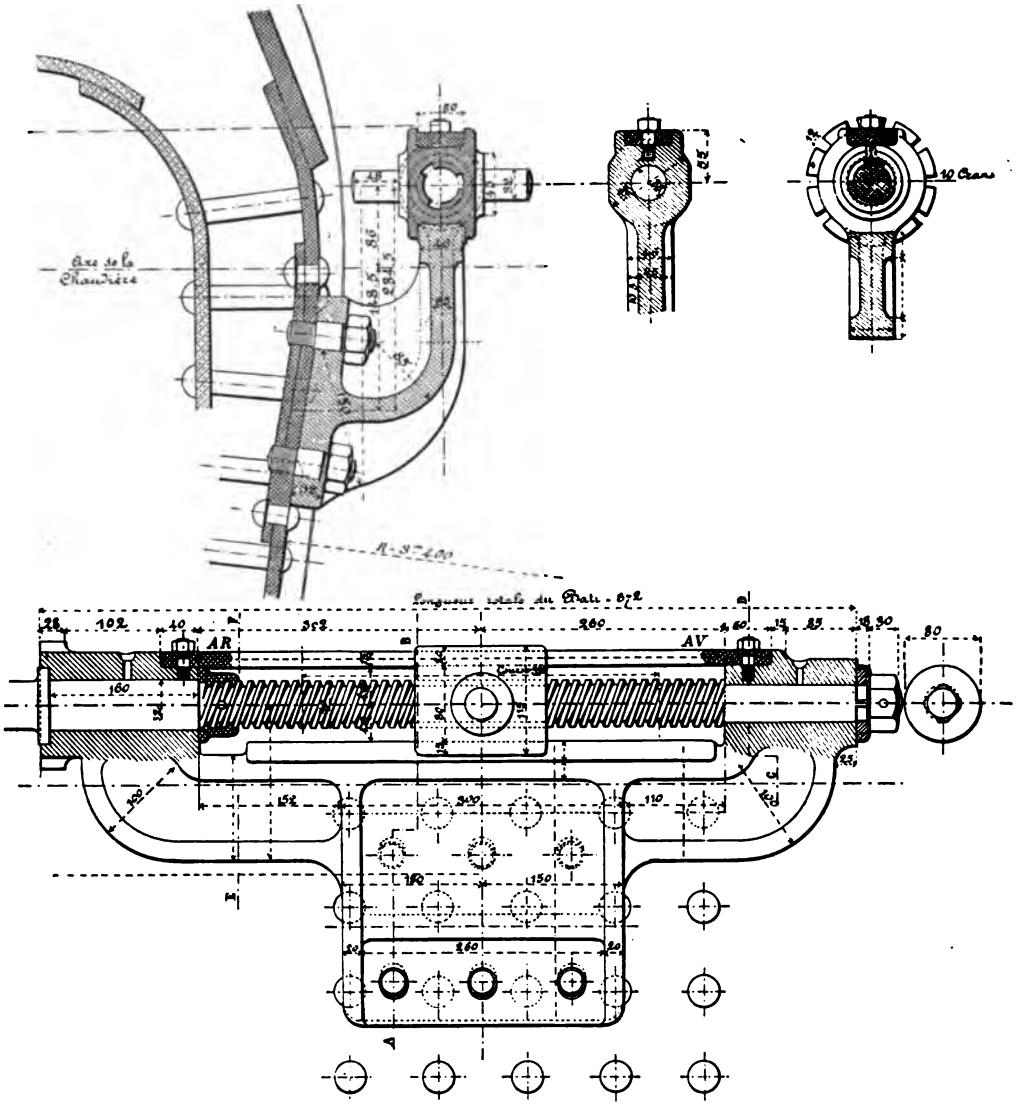


Fig. 595. — Vis et bâti de changement de marche des locomotives de banlieue (série 729-742) des *Chemins de fer de l'Est*.

quand leur partie inférieure est de forme compliquée, on la confectionne en fonte pour éviter des frais de forgeage et on l'assemble à la partie haute par deux boulons. La longueur de ces leviers est calculée de telle sorte que la course totale de la manette soit de 1,20 m. environ ; rapport de quatre environ avec la course verticale des coulisses qui est voisine de 0,30 m. On

Digitized by Google

trouvera (fig. 594) le dessin d'un levier de changement de marche appartenant à une locomotive construite dans les ateliers de Schenectady. Ce levier est articulé par sa partie inférieure, à un petit palier fixé au longeron à l'aide de deux boulons et guidé, vers son milieu, par le secteur qui passe à frottement doux à travers une ouverture ménagée dans le corps du levier. La clichette prend trois dents du secteur. L'articulation de la barre sur le levier comporte une bague rapportée en acier trempé. Le secteur, en fer cémenté et trempé, ne comporte de denture que dans la partie centrale : point mort et crans usuels de marche (il y en a deux de plus pour la marche avant) et crans extrêmes pour le démarrage. Le levier ne peut donc pas se fixer aux crans intermédiaires. Cette disposition a été adoptée pour remédier à certains abus et pour obliger les mécaniciens qui, aux États-Unis, n'ont pas d'allocations et ne touchent pas de primes de combustible, à marcher avec une détente suffisante. Ils ne peuvent laisser les coulisses au cran extrême qu'au moment du démarrage et, presque aussitôt après, ils placent les coulisses en un des crans du centre. C'est là un avantage particulier du levier que l'on ne saurait obtenir avec la manœuvre à vis, mais qui est sans intérêt en France où les mécaniciens, parfaitement stylés à la marche avec détente, ont au contraire plutôt une tendance à marcher avec les coulisses trop près du point mort.

Les appareils de changement de marche à vis usités en France se fixent, soit sur la chaudière, soit sur le tablier de la plate-forme et les longerons. Dans le premier cas, la forme de leur support est plus simple, mais l'ensemble de la distribution est soumis, par suite des dilatations longitudinales, à un déréglage dont on doit tenir compte lors du montage à l'atelier.

Quand les changements de marche à vis sont montés sur le châssis, ils sont soit fixés sur une sorte d'X en tôle placé latéralement, entre la rampe et la boîte à feu (fig. 598) ou, dans les machines à quatre roues accouplées sur l'arrière dont le foyer descend entre les roues essieux arrière, sur les couvre-roues (fig. 597) ; parfois, dans les machines-tenders, surtout en Angleterre, sur les caisses à eau.

L'écrou du changement de marche agit sur la barre de relevage, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un levier du premier ou du troisième genre.

Le verrouillage de la vis se fait ordinairement par l'intermédiaire du volant de manœuvre portant une clichette pouvant pénétrer dans la denture d'un pignon fixe solidaire du bâti de l'appareil. Si générale qu'elle soit, cette disposition n'est pas sans inconvénients. On sait en effet que les coulisses exercent, pendant la marche, des chocs continuels et assez rudes qui se transmettent par l'arbre et la barre de relevage sur le coulisseau de la vis et de celle-ci au volant. Ces chocs répétés ont pour résultat d'amener une usure rapide

Digitized by Google

des articulations et particulièrement des spires intérieures de l'écrou mobile

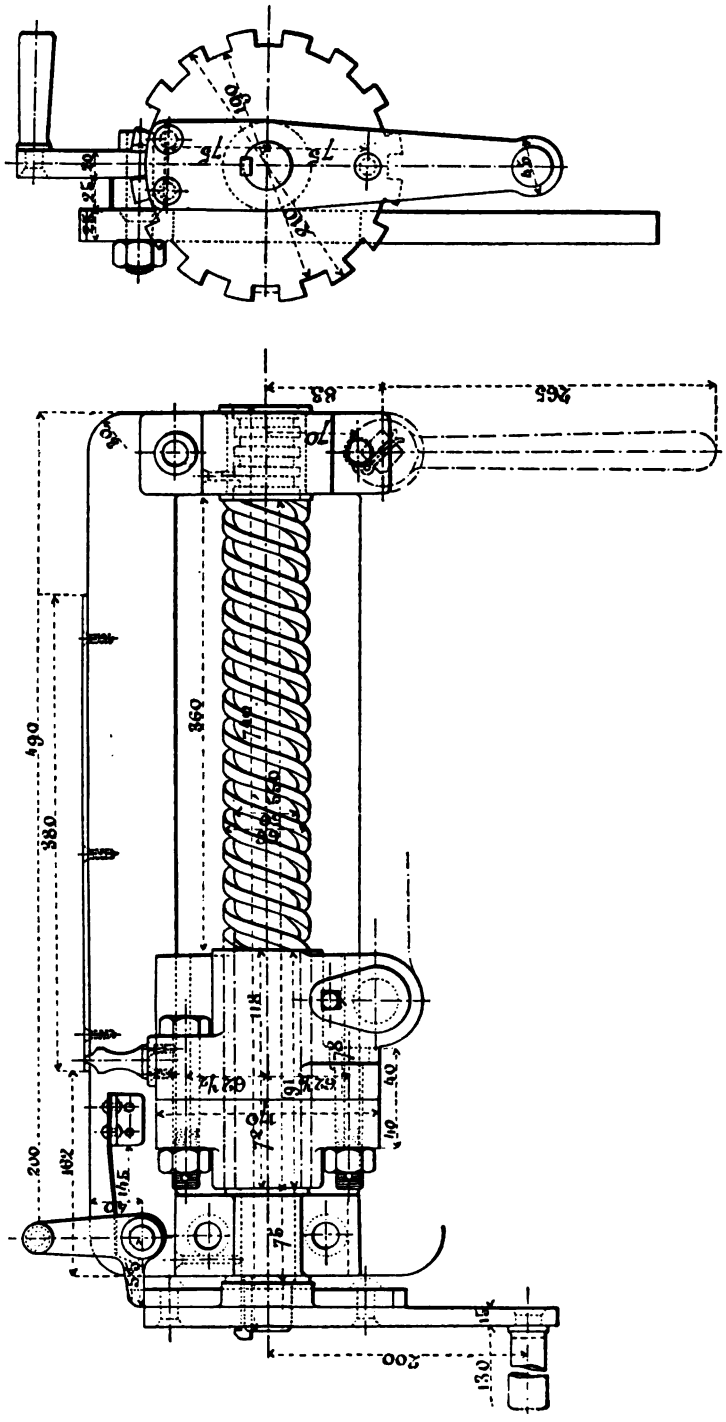


Fig. 396. — Vis et support de changement de marche des locomotives compound à grande vitesse de l'*État prussien* (Cologne).

commandant la barre, d'où résulte une amplitude de plus en plus grande de

Digitized by Google

ces mouvements qui ébranlent toute la machine et ont un effet particulièrement nuisible sur les prisonniers qui fixent le bâti du changement de marche à la boîte à feu quand le système est solidaire de la chaudière. Un procédé très simple et qui ne nous paraît présenter d'autre part aucun inconvénient a été appliqué par M. Stroudley aux locomotives du *London Brighton* pour remédier à cet état de choses. Le verrouillage, au lieu d'être opéré par le volant, s'effectue directement de l'écrou sur la réglette du changement de marche grâce au serrage d'une vis sur laquelle le mécanicien agit à l'aide d'un levier très long disposé horizontalement derrière le volant de manœuvre. Dans quelques machines, le même ingénieur opérait le serrage au moyen d'un piston pneumatique sur lequel agissait l'air comprimé du frein Westinghouse. Grâce à l'un de ces deux dispositifs, on supprime les chocs et l'ébranlement du système sous l'action des trépidations.

La Compagnie de l'*Ouest* a adopté dans ces derniers temps (Machines express 963-990 ; mach. à six roues accouplées 2 301-2 304, etc.) une disposition assez nouvelle qui semble un véritable perfectionnement (fig. 34, 599). La vis du changement de marche est placée verticalement et actionne directement l'arbre de relevage près duquel elle se trouve, au moyen d'une bielle pendante. Cette vis reçoit son mouvement d'une transmission par engrenages d'angle la reliant à un arbre horizontal ou incliné sur l'extrémité postérieure duquel se trouve monté le volant de changement de marche. Un petit appareil répétiteur, à vis, très léger, actionne une aiguille qui se déplace le long d'une réglette placée sous les yeux du mécanicien et lui indique à tout moment la position exacte des coulisses. Ce dispositif est plus léger que l'appareil usuel.

La barre de relevage est de section rectangulaire et se termine ordinairement par une fourche à ses deux extrémités (fig. 603). Quand elle est très longue, on la guide et on la supporte vers son milieu (fig. 18 et 24) ou même on la fait en deux parties. Les têtes de ces fourches sont cémentées et trempées ainsi que les axes à ergots qui y sont placés et servent d'articulation, d'une part sur le coulisseau de la vis, de l'autre sur le levier de commande de l'arbre de relevage. Dans les locomotives américaines, ces barres sont très minces et se terminent simplement par des œils sans renflement, ce ne sont que des pièces de bonne serrurerie.

La figure 595 représente un type de support de changement de marche employé par la Compagnie de l'*Est* pour des machines dans lesquelles il se monte sur la chaudière. Ce support, en fonte, est fixé à la chaudière par six goujons vissés dans l'enveloppe entre les entretoises de boîte à feu, renforcée en ce point par une tôle doublante intérieure tenue par des rivets. La vis est en acier et à trois filets avec pas à gauche de 36 mm. La barre de relevage, à fourche, vient s'articuler sur un coulisseau formant écrou, qui est en fer

Digitized by Google

cémenté et trempé, guidé en bas par l'arête supérieure du support, dressée, en haut par une réglette en acier, rapportée. La vis est maintenue, dans le sens longitudinal, par un épaulement venu de forge, placé du côté du volant et par deux rondelles rapportées, avec écrous goupillés. La partie arrière

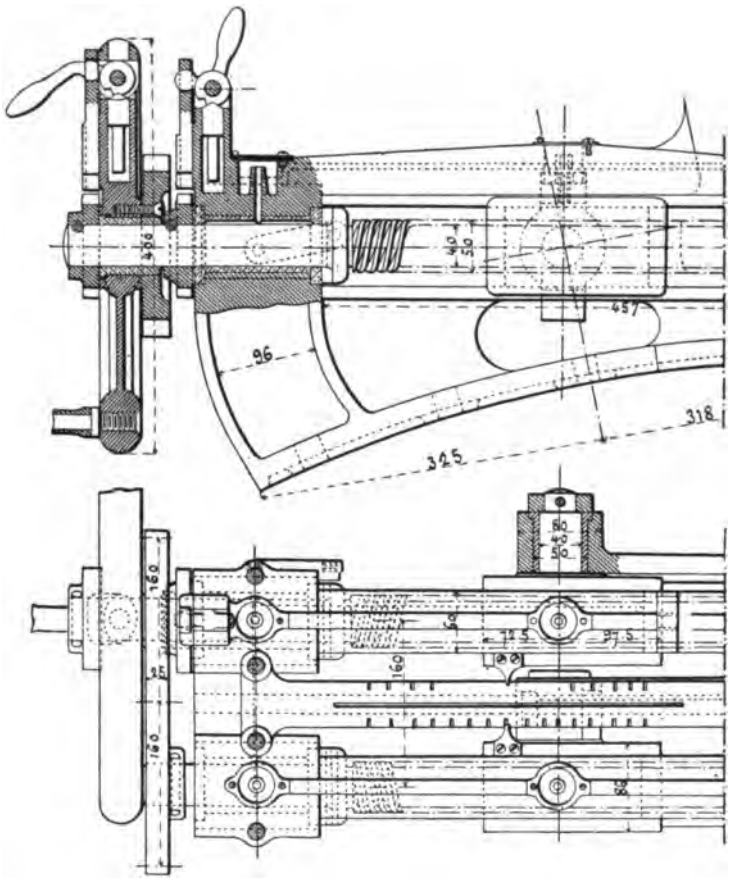


Fig. 597. — Changement de marche à double vis des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

du support, formant palier, est terminée par une denture circulaire dans laquelle vient s'engréner la clichette du volant de manœuvre.

Le volant de changement de marche est représenté en détail (fig. 600).

La figure 597 représente l'appareil de manœuvre du changement de marche des locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie du *Nord* construite par la *Société alsacienne ;* le bâti est fixé sur les couvre-roues arrière. Deux vis parallèles, reliées par des engrenages, correspondent, l'une aux cylindres à haute pression, l'autre aux cylindres à basse pression ; et sont actionnées par un seul volant à centre plein ; nous avons vu, dans le chapitre réservé aux locomotives compound, quel était le fonctionnement de

Digitized by Google

cet appareil que nous n'examinons ici qu'au point de vue de sa construction. On trouvera (fig. 596) une manœuvre à vis d'un type allemand appliquée

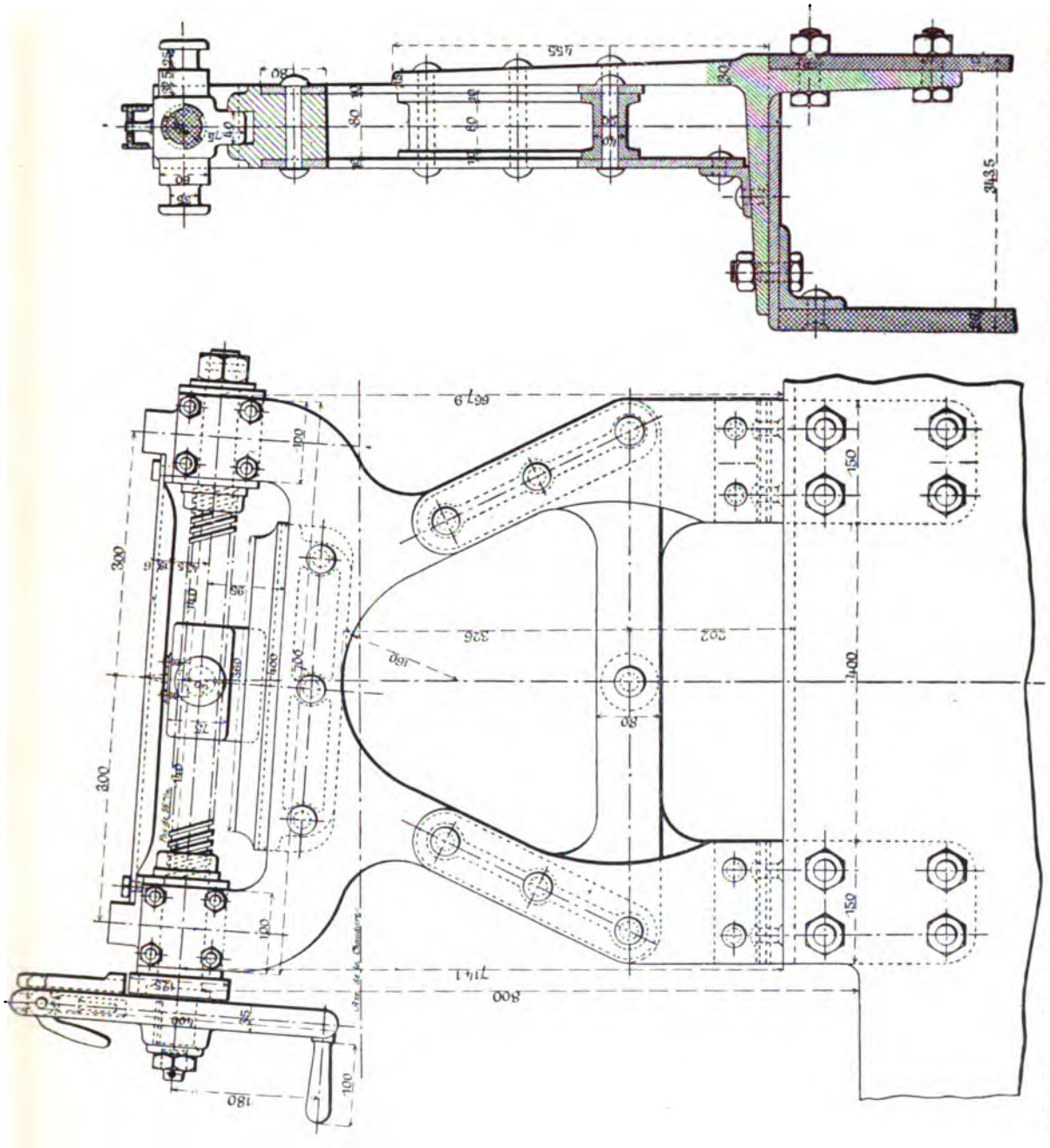


Fig. 598. — Bâti de changement de marche. Locomotives à grande vitesse (séries 77-86 ; 265-400) des *Chemins de fer d Orléans.*

aux locomotives à grande vitesse compound à bogie de l'*Etat prussien*. Elle est également fixée sur le couvre-roue arrière de droite. La vis est à trois filets de 72 mm. de pas, elle est commandée par une manivelle et maintenue

Digitized by Google

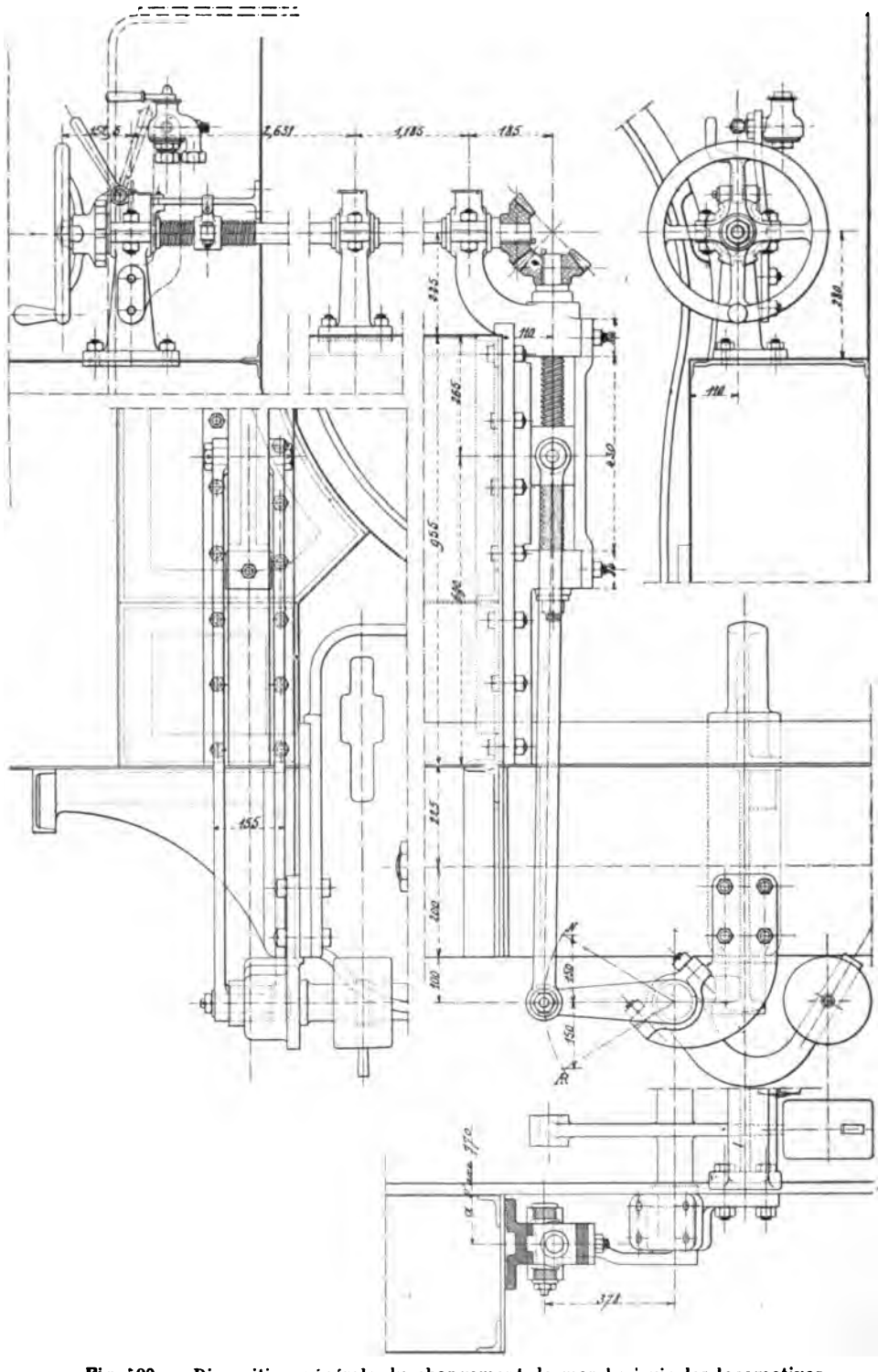


Fig. 599. — Disposition générale du changement de marche à vis des locomotives à grande vitesse (série 963-990) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

Digitized by Google

par une butée à quatre collets. La barre vient s'articuler sous le coulisseau.

Dans les machines anglaises qui ont le changement de marche à vis (*Midland*, *North Eastern*, *North Western*, *Great Eastern*, etc.) la vis, assez inclinée, commande directement l'arbre de relevage par une barre elle-même inclinée; elle est actionnée par une manivelle à un ou deux bras ou par un volant.

L'arbre de relevage est placé au-dessus ou au-dessous des coulisses, suivant les facilités que l'on rencontre pour son installation (fig. 601 et 602). En général, il est placé en dessous dans les machines à cylindres extérieurs dans lesquelles la chaudière est basse, et au-dessus dans les machines plus hautes, surtout si elles sont à cylindres intérieurs. Quand l'arbre se trouve dans la première de ces positions, il est commandé soit directement par la barre de relevage, soit par le moyen d'une équerre de transmission intermédiaire dont le point d'articulation est placé sur le tablier. Quand il se trouve dans la seconde position, il est généralement commandé directement. Dans les locomotives à voyageurs où les cylindres sont placés au milieu et actionnent le dernier essieu, telles les express de l'*Est*, les compound à quatre cylindres du *Nord*, du *Midi* et de *P.-L.-M.* en ce qui concerne les cylindres extérieurs, l'arbre de relevage est nécessairement placé à la partie base, car il doit passer sous le foyer (fig. 434). Comme il est en outre situé près de la vis de manœuvre qui est sensiblement horizontale, on ne peut effectuer la commande directement. Dans les express de l'*Est* type 1878 (série 501-510), la vis de changement de marche agissait sur un levier recourbé, embrassant le foyer et monté sur deux tourillons, ayant même axe, placés de part et d'autre de la boîte à feu. Ce dispositif encombrant a été remplacé pour les machines de la série suivante par un renvoi de mouvement. Dans les locomotives de la *Compagnie du Midi* datant de la même époque (1877), l'arbre de relevage, directement actionné par la vis, se trouvait placé au-dessus du foyer sur deux paliers.

En général, les machines modernes des types ordinaires, ayant les cylindres à l'avant, sont assez hautes pour que l'arbre de relevage puisse passer sous la chaudière sans que l'on ait besoin de le cintrer comme cela s'est fait à une certaine époque. Les machines anglaises, dans l'immense majorité des cas, ont le relevage en dessus (fig. 586); les locomotives américaines aussi (fig. 588).

L'arbre de relevage est toujours venu de forge avec les bras de rappel, disposition à la fois plus légère et plus solide; il est supporté dans deux paliers fixés soit aux longerons, soit à l'entretoise formant support de glissières.

Le poids des coulisses, dans l'immense majorité des locomotives européennes, est contre-balancé par un contrepoids monté sur un bras placé à l'opposé des leviers de relevage (fig. du chap. IV, t. III et 585, 586).

Digitized by Google

Dans les locomotives américaines, cet office est toujours rempli par un

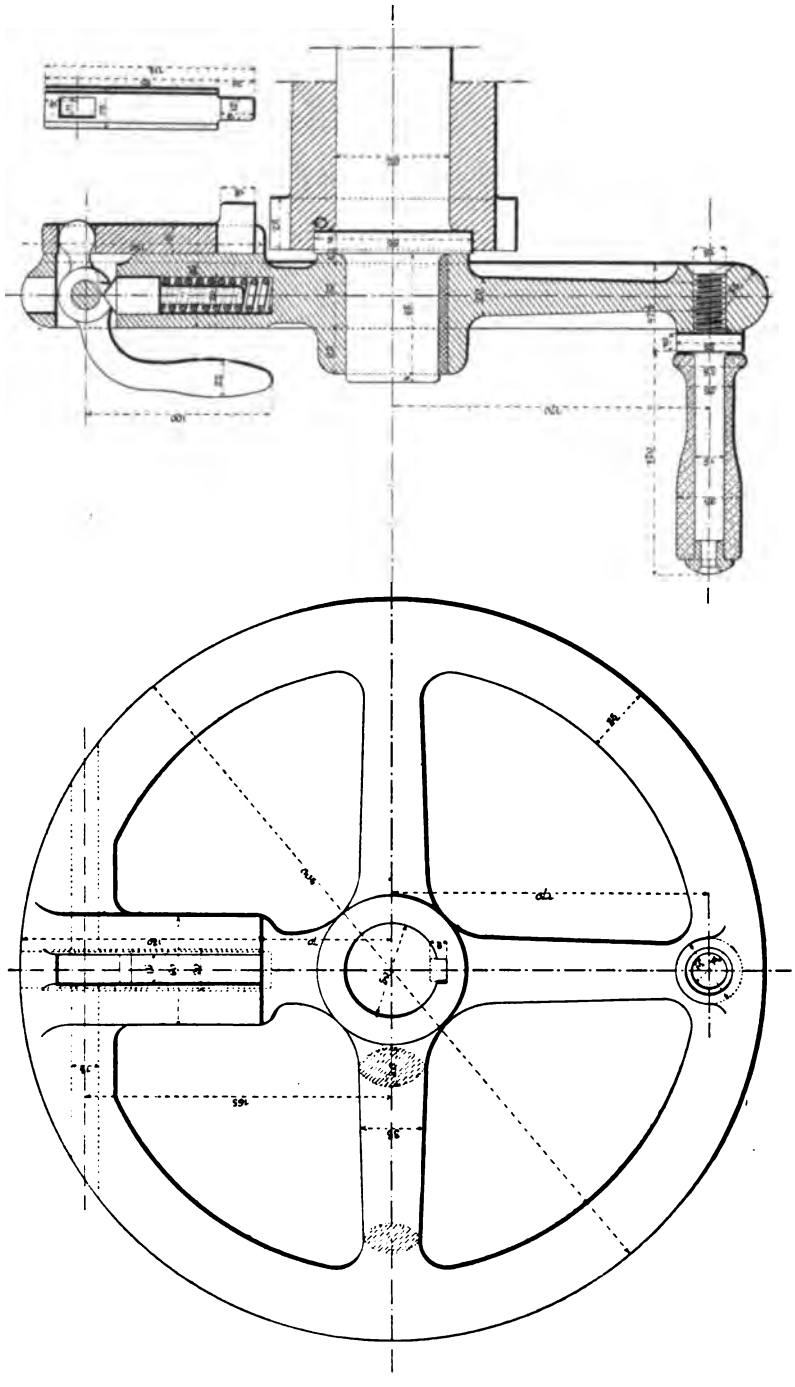


Fig. 600. — Volant de manœuvre du changement de marche (*Est*).

ressort dont l'emploi réduit à la fois le poids et les chocs. Ces ressorts sont hélicoïdaux ou à feuilles superposées et se trouvent placés dans le plan mé-

Digitized by Google

dian de la machine. Pour qu'ils ne soient pas soumis à une extension excessive, et afin qu'ils conservent, pour toutes les positions des coulisses, une

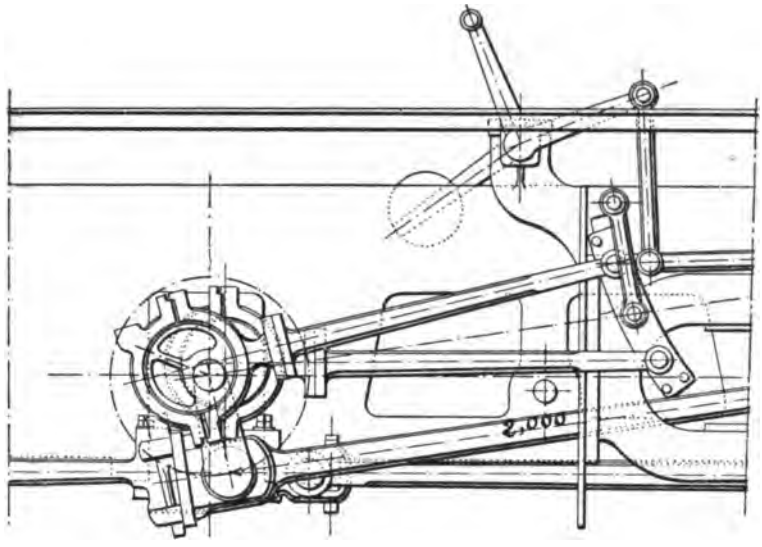


Fig. 601. — Relevage par-dessus.

flexibilité sensiblement constante, ils agissent sur un bras de levier très court venu de forge avec l'arbre de relevage, n'ayant, entre ces positions extrêmes,

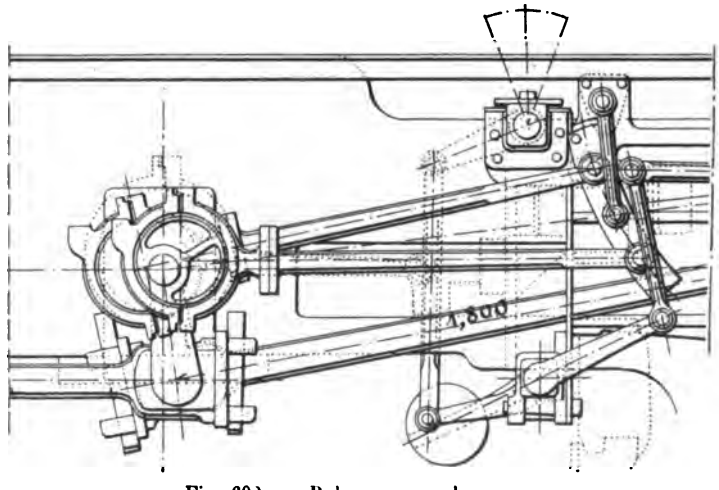


Fig. 602. — Relevage par-dessous.

qu'une course de quelques centimètres. Les ressorts hélicoïdaux se font ordinairement avec des feuilles d'acier de 0,075 m. de largeur et de 5 mm. d'épaisseur. Ils sont placés dans une enveloppe en fonte mince boulonnée à la traverse formant support de glissières. Ces ressorts, quand ils sont à

Digitized by Google

lames, se composent de cinq ou six feuilles de 0,063 m. de largeur et de 8 mm.

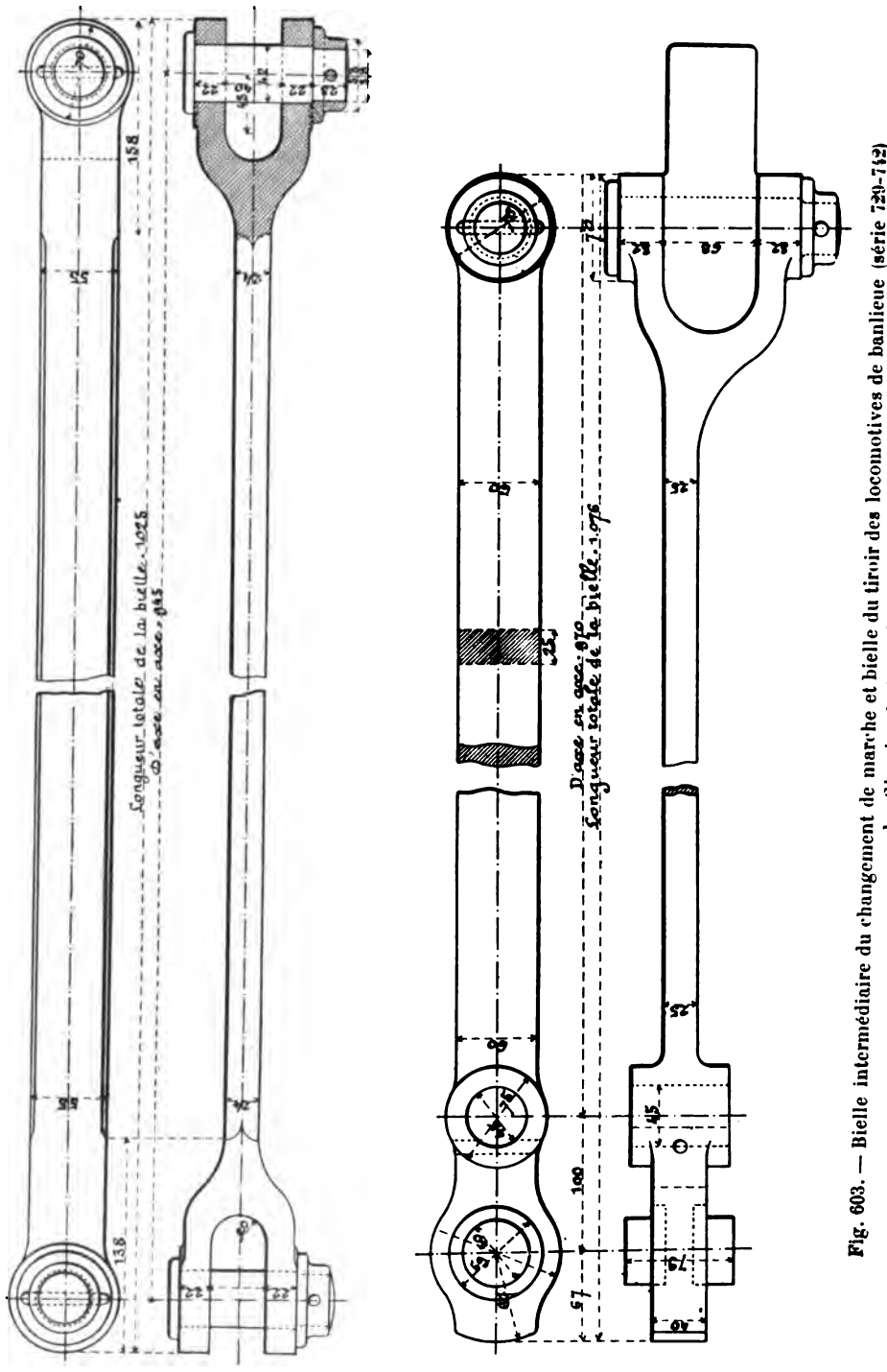


Fig. 603. — Bielle intermédiaire du changement de marche et bielle du tiroir des locomotives de banlieue (série 729-742) des *Chemins de fer de l'Est.*

d'épaisseur ayant une longueur développée un peu supérieure à 1.00 m.

Digitized by Google

L'emploi des ressorts commence à se répandre en Europe et en France. On le trouvait déjà sur la machine 2 101 exposée par la Compagnie du *Nord* en 1889 — ressorts en spirale —; on en verra un autre exemple (fig. 434) machines à grande vitesse de la Compagnie de l'*Est* (type 800) — ressort à boudin.

La résistance qui s'oppose au déplacement des coulisses dans le sens de leur longueur lorsqu'il s'agit de changer le sens de la marche ou simplement le degré d'introduction, se compose : du frottement des tiroirs sur leurs tables, d'autant plus grand que la surface de ces tiroirs et la pression de la vapeur qui agit sur leur face supérieure sont plus grands ; du frottement de leurs tiges dans leurs garnitures et leurs guides ; des frottements aux différentes articulations de la transmission — nous supposons le poids des coulisses ou des bielles de tiroir parfaitement équilibré. Ces résistances sont énumérées par ordre d'importance, cependant,avec certains types de garnitures métalliques peu élastiques ou susceptibles d'être trop serrés, la résistance due au frottement des tiges peut être très grande et, ce qui tend à le prouver c'est que, sur beaucoup de locomotives, la manœuvre du changement de marche exige un effort presque aussi grand quand le régulateur est fermé, c'est-à-dire lorsque la vapeur n'exerce aucune pression sur le tiroir, que quand il est ouvert.

La somme de toutes ces résistances peut être assez considérable pour rendre la manœuvre à main trop longue et pénible et il paraît naturel que l'on ait songé à l'opérer mécaniquement.

Il y a déjà longtemps que l'on a eu l'idée d'appliquer aux locomotives des changements de marche à vapeur ayant pour but de faciliter leur manœuvre. Les premières applications en ont été faites aux États-Unis où elles ont été rapidement abandonnées, l'adoption des compensateurs de tiroirs et des garnitures métalliques du genre *United States* les ayant rendus inutiles. Actuellement, on les retrouve usités régulièrement sur deux réseaux anglais; on en a muni quelques locomotives de l'*État belge* et, en France, un grand nombre de machines de la Compagnie de *P.-L.-M.* et quelques express de la Compagnie de l'*Ouest*. Ces appareils appartiennent à deux catégories principales suivant qu'ils sont ou non asservis et que le calage est assuré à l'aide d'un verrou ou par le moyen d'un piston hydraulique.

La Compagnie de *Paris-Lyon-Méditerranée* emploie depuis 1880 le changement de marche à *contrepoids de vapeur* du système Ch. Baudry [1]. Il est constitué par un cylindre dans lequel se meut le piston qui agit sur le cadre du changement de marche, et d'un distributeur en forme de papillon, qui envoie la vapeur du côté du piston où son action est utile pour seconder

[1] Voir la *Note sur les Locomotives compound P.-L.-M.* par M. Ch. Baudry ; 1889.

Digitized by Google

le mécanicien. Afin que la vapeur agisse toujours dans le sens voulu, c'est le volant du mécanicien qui commande le papillon et qui l'ouvre dans un sens ou dans l'autre, avant d'agir sur la vis sans fin, chaque fois qu'on commence à le tourner vers la droite ou vers la gauche.

A cet effet, le volant n'est pas claveté sur son arbre ; mais il forme écrou sur son extrémité filetée, de sorte qu'il avance ou recule sans l'entraîner quand on le fait tourner dans un sens ou dans l'autre. C'est ce mouvement relatif qu'on utilise pour ouvrir le distributeur par l'intermédiaire de tringles

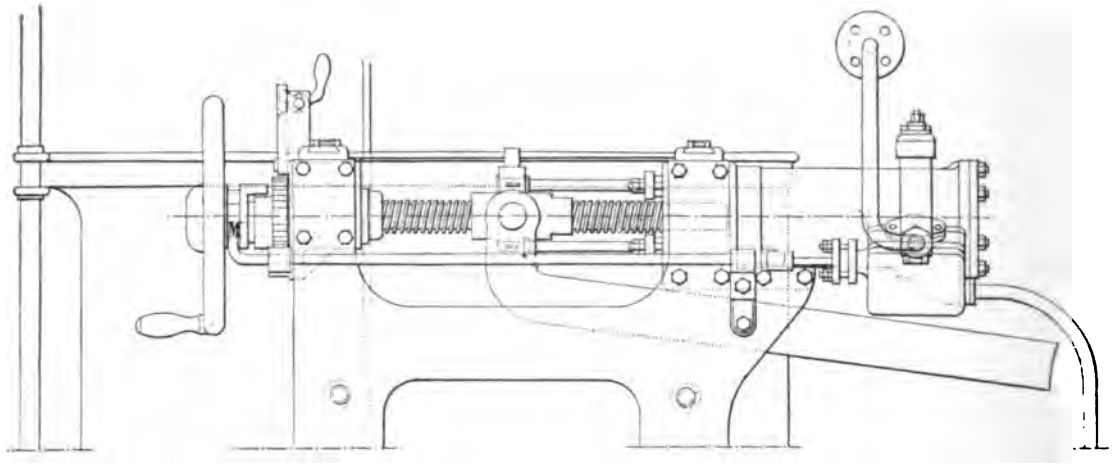


Fig. 604. — Changement de marche à contrepoids de vapeur (*P.-L.-M.*).

et de leviers. Une fois le distributeur ouvert, le volant rencontre un toc, porté par son arbre, et au moyen duquel il entraîne cet arbre dans sa rotation ultérieure. Il agit ainsi sur la barre de relevage ; mais, grâce à l'ouverture antérieure du distributeur, la vapeur introduite dans le cylindre auxiliaire agit dans le même sens et facilite par conséquent la manœuvre.

Une fois celle-ci terminée, un léger mouvement de rotation en arrière ramène le volant à égale distance de ses deux tocs où il reste maintenu par une olive à ressort. Dans cette position, la vapeur n'arrive plus au cylindre, et la barre de relevage est abandonnée à elle-même. Par la fixer au point où la manœuvre l'a amenée, on la cale au moyen d'un verrou en fer sur lequel le mécanicien agit au moyen d'une poignée à ressort et qu'il engage dans les encoches d'un pignon porté par l'arbre de la vis sans fin.

Un système analogue a été appliqué par la même Compagnie à ses locomotives compound à quatre cylindres, express et à marchandises. Ce changement de marche, en ce qui concerne son principe et la méthode adoptée pour lier mécaniquement les changements de marche des deux cylindres de manière qu'ils se manœuvrent ensemble et que les introductions aux deux

Digitized by Google

paires de cylindres soient entre elles dans des rapports déterminés, a été décrit dans le chapitre réservé aux locomotives compound. Un tiroir unique de manœuvre commande l'admission de vapeur dans deux cylindres actionnant chacun une des deux barres de relevage, — haute et basse pression. Deux

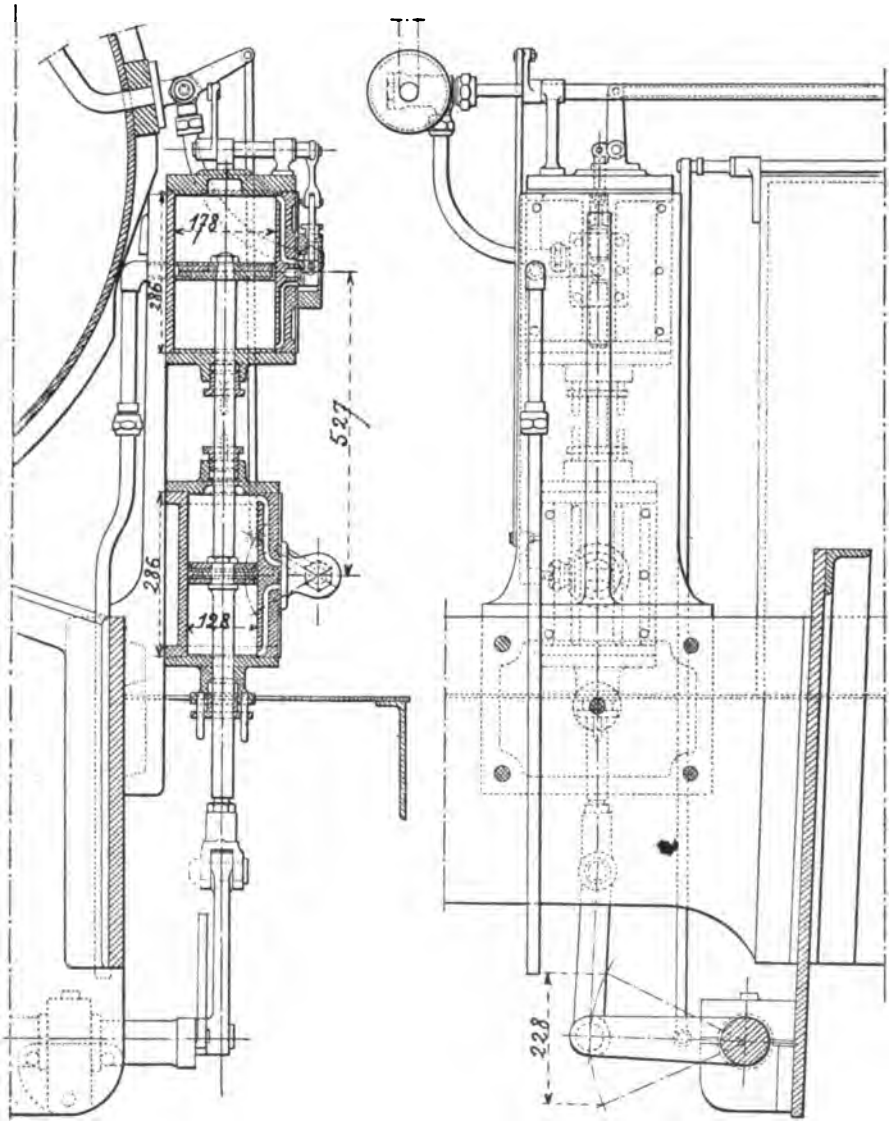


Fig. 605. — Changement de marche à vapeur, système J. Stirling (*South Eastern Railway*).

cylindres à huile, placés à l'arrière, servent à caler les barres pendant la marche ; à cet effet le tiroir unique, qui met en communication l'avant et l'arrière de chacun de ces cylindres, est normalement fermé : il ne s'ouvre qu'en même temps que le tiroir à vapeur et par la même manœuvre du volant,

Digitized by Google

la manœuvre inverse le ferme. Un plongeur à ressort a pour but de maintenir le plein des cylindres à huile malgré les fuites aux garnitures.

Le *Pennsylvania RR.* a employé pendant quelques années, pour ses locomotives express, un appareil à deux cylindres dont un à vapeur et un à huile, fort analogue à celui que nous décrivons ci-dessous, qui était boulonné à des goujons vissés dans l'enveloppe de boîte à feu et commandait directement la barre de relevage,

M. J. Stirling, lorsqu'il était ingénieur en chef du *Glasgow and South Western*, a muni un très grand nombre de locomotives de ce réseau d'un type de changement de marche à vapeur qui a donné de bons résultats et qu'il a depuis, appliqué à toutes les locomotives construites pour le *South Eastern* depuis 1886 environ. La barre de relevage est articulée sur l'arrière à une tige commune à deux pistons pouvant se mouvoir à l'intérieur de deux cylindres placés horizontalement sur un même bâti boulonné au-dessus des couvre-roues arrière ou, dans les locomotives-tenders, sur les caisses à eau, dans le prolongement l'un de l'autre. L'un est un cylindre à vapeur, l'autre un cylindre de verrouillage, à huile. Un petit levier permet de manœuvrer le tiroir du cylindre de mise en train à vapeur. Le mouvement ne peut se produire que si on ouvre en même temps le robinet à vis établissant la communication entre les deux côtés du piston de verrouillage ; l'ouverture plus ou moins grande de ce robinet détermine la vitesse de translation des barres lors de la manœuvre qui peut s'opérer presque instantanément. Le verrouillage s'opère dès que, le robinet à vis étant fermé, le liquide ne peut passer d'une extrémité à l'autre du cylindre de verrouillage. Cet appareil n'est pas asservi et les manettes du tiroir auxiliaire et du robinet à huile sont indépendantes. L'asservissement était en effet difficile à réaliser entre un tiroir fermant à mi-course et un robinet à vis fermant à bout de course. Ce problème a cependant été résolu dans les changements de marche appliqués aux premières locomotives express à bogie de la Compagnie de l'*Ouest*.

Plus récemment, M. Stirling a amélioré son appareil en le disposant à l'avant verticalement, sur un bâti boulonné au longeron de droite, au-dessus de l'arbre de relevage qui passe sous les coulisses et qu'il actionne directement, comme on pourra le voir figures 88 et 605. On manœuvre à distance le tiroir auxiliaire et le robinet de verrouillage à l'aide de deux tringles. Un indicateur répétiteur, placé dans l'abri et commandé par un mouvement très léger, indique au mécanicien la position qu'occupent à tout moment les coulisses.

Une compagnie américaine a appliqué, il y a quelques années, un appareil dans lequel on s'est proposé de faire remplir à un cylindre unique tout à la fois le rôle de manœuvre et de verrouillage. A cet effet, au lieu de l'alimenter de vapeur on le mettait en communication avec l'eau sous pression de la chaudière qui le remplissait des deux côtés. Pour verrouiller, il suffisait de

Digitized by Google

fermer les deux communications, le piston ne pouvait plus se mouvoir dans un sens ni dans l'autre. L'inconvénient de ce système consistait dans la perte d'eau assez considérable qui accompagnait chaque manœuvre et dans le danger de rupture résultant de la gelée si on oubliait, l'hiver, de vider le cylindre du changement de marche lorsque la machine était remisée ou garée. Il a, croyons-nous, été abandonné, comme d'ailleurs tous les changements de marche à vapeur aux États-Unis depuis la généralisation des compensateurs de tiroirs.

La Compagnie de l'*Ouest* a appliqué à titre d'essai un changement de marche analogue à celui de M. Stirling aux locomotives à bogie 951-952 et 953-962, mais en l'asservissant. Le mécanicien manœuvre un petit levier, réduction en miniature du levier de changement de marche, qu'il met d'un seul mouvement dans la position voulue; l'appareil à vapeur étant un servomoteur met aussitôt les coulisses dans la position correspondante, puis s'arrête, et le verrouillage s'opère par décliquetage. Les cylindres à vapeur et à huile, dans les dix dernières locomotives, sont placés verticalement au-dessus du tablier dans le voisinage de l'arbre de changement de marche qu'ils actionnent directement.

Les changements de marche à vapeur avec verrouillage à huile ou à eau ont certainement des avantages ; ils rendent la manœuvre très rapide et suppriment les chocs qui se produisent toujours à la longue entre l'écrou et la vis dans les appareils ordinaires. Leur principal inconvénient consiste en ce qu'ils ne sont pas manœuvrables à froid si l'on n'a pris la précaution de disposer, en un point quelconque, l'amorce d'un levier à main que l'on vient adapter à la machine, dans les dépôts ou à l'atelier, pour le réglage de la distribution ou pour placer les coulisses à fond de course dans le sens de la marche, quand la machine doit être remorquée.

On emploie sur quelques locomotives de l'*Etat belge* des changements de marche à vapeur, asservis, commandés par un levier qui peut servir aussi pour la manœuvre à main, du système Fouquemberg[1]. Cet appareil comporte plusieurs variantes. On trouvera, figure 606, un des types dont la description peut servir à en faire connaître le principe qui se retrouve sur celui que représente la figure 607, nous le décrirons à titre d'exemple.

Sur le secteur du levier, se fixe un cylindre à vapeur, dont la distribution est à la main du mécanicien. Le seul effort que ce dernier doit vaincre est le frottement du tiroir, le piston à vapeur servant d'auxiliaire pour opérer le changement. Les mouvements des deux organes sont reliés entre eux de telle sorte que le piston suit servilement toutes les indications du levier.

A cet effet, ce levier est forgé avec une douille excentrée qui embrasse un

[1] Nous avons décrit ces appareils dans le *Portefeuille des Machines*, numéro de novembre 1889.

Digitized by Google

second excentrique, forgé avec l'axe à faire mouvoir. Cet axe est aussi forgé avec une manivelle, qui entraîne le piston moteur. Ce mouvement est répété par l'autre manivelle qui le transmet à l'arbre de relevage.

Le premier excentrique est superposé à un second. Le tiroir du cylindre

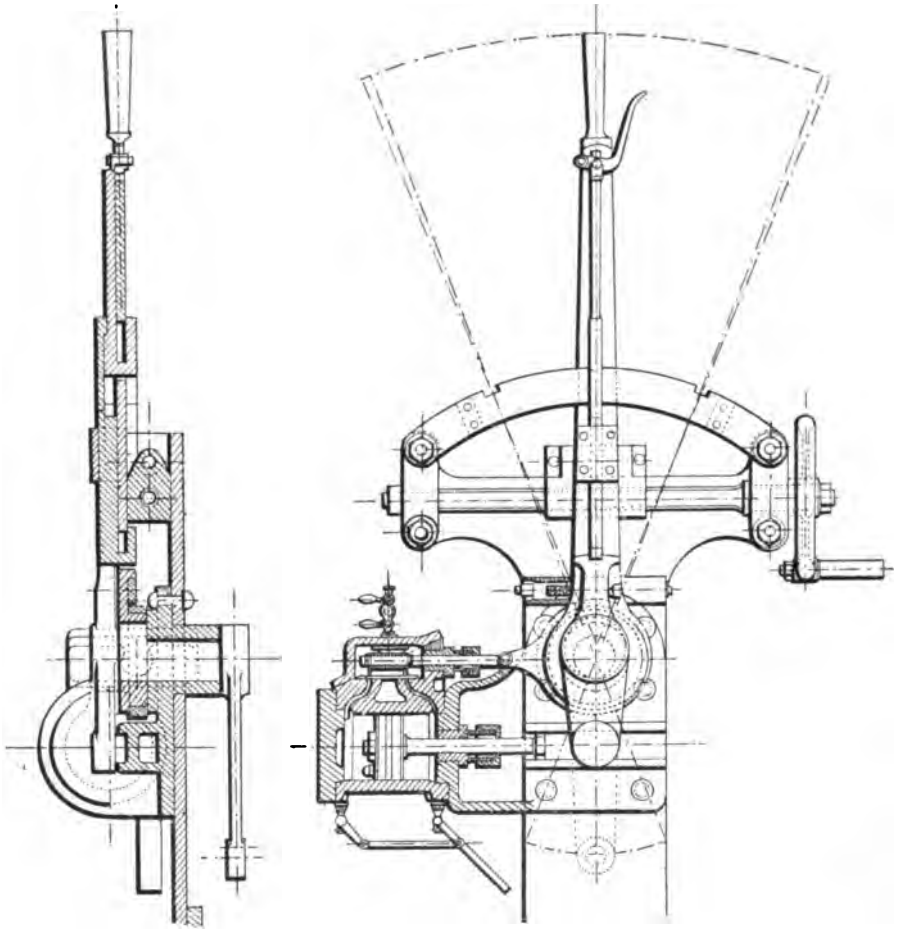


Fig. 606. — Changement de marche à vapeur ; servo-moteur système Fouquemberg.

auxiliaire est mû par le collier du premier excentrique. Dans sa position moyenne, le tiroir recouvre les deux lumières extérieurement, de manière à éviter tout afflux de vapeur au cylindre, mais les laisse un peu découvertes intérieurement pour permettre un échappement constant de la vapeur, afin de parer aux fuites du robinet.

On voit immédiatement que lorsque les centres des deux excentriques sont en ligne droite avec les leviers, tout le système est en repos. Aussitôt que l'on bouge le levier, le grand excentrique, glissant sur l'autre, déplace le tiroir à gauche. La vapeur arrive sur la face du piston. Celui-ci entraîne le

Digitized by Google

levier de commande, et ramène l'excentrique extérieur au centre de l'axe. Les leviers se retrouvent en ligne droite avec les excentriques. Le tiroir est revenu dans sa position moyenne, a fermé l'arrivée de vapeur et tout mouvement cesse. Le même effet est produit par tous les déplacements du levier à droite et à gauche. Le moteur est complètement asservi, il suit toutes les indications du mécanicien. Il avance, recule et s'arrête en même temps que le levier de manœuvre qui se place facilement à tous les crans du secteur. Le levier porte deux butoirs élastiques, entre lesquels vient se loger le prolongement de la manivelle; ils servent d'abord à limiter la course du levier à celle du levier du tiroir de distribution, permettant en outre au mécanicien d'ajouter son effort à celui du moteur.

Le levier porte d'abord une clichette qui sert à l'arrêter à tous les crans du secteur. Une deuxième clichette accrochée à celle-ci par un petit mentonnet se relève en même temps qu'elle, mais retombe indépendamment dans une encoche ménagée à l'extrémité terminée, en secteur, du levier, et le cale. Les deux leviers sont ainsi rendus solidaires et enclanchés. Tout le système reste fixe malgré l'action des coulisses.

Le recouvrement extérieur du tiroir aurait pour effet de retarder ce calage si le mouvement s'arrêtait dès que la lumière est recouverte; l'encoche, se trouvant au milieu de la tête du levier, n'arriverait pas juste sous le verrou, mais l'impulsion communiquée à la masse du piston et des pièces en recouvrement fait un peu dépasser ce point, et l'encoche passe sous le verrou qui s'enclanche immédiatement.

Une vis manœuvrée par un volant permet d'entraîner tout le système en cas de dérangement à l'appareil, et de faire la manœuvre à froid. Il suffit d'abaisser les deux pitons articulés sur une charnière de l'écrou pour accrocher les leviers rendus solidaires, et de les entraîner par la vis.

Le cylindre à vapeur est fixé par son fond à un petit bâti boulonné sur le support de l'articulation du levier et du secteur. La barre de relevage est disposée comme d'ordinaire et vient s'articuler à la partie inférieure du levier de changement de marche.

La figure 607 représente une variante du système appliqué aux locomotives du type 16 des chemins de fer de l'*Etat belge*, du dernier modèle. Cette variante a pour but de décharger le levier de changement de marche et son articulation des efforts exercés par le cylindre à vapeur lorsqu'il fonctionne pour actionner les coulisses. Le cylindre est fixé au longeron de droite, sous le tablier, et porte un presse-étoupes sur chacun de ses deux fonds la tige du piston se prolongeant vers l'avant pour attaquer le bras de l'arbre de relevage, vers l'arrière pour commander le levier de changement de marche et le mécanisme d'asservissement. Le tiroir est séparé du cylindre auquel il est relié par deux petits tuyaux.

Digitized by Google

Afin d'éviter les secousses brusques que peut donner une introduction

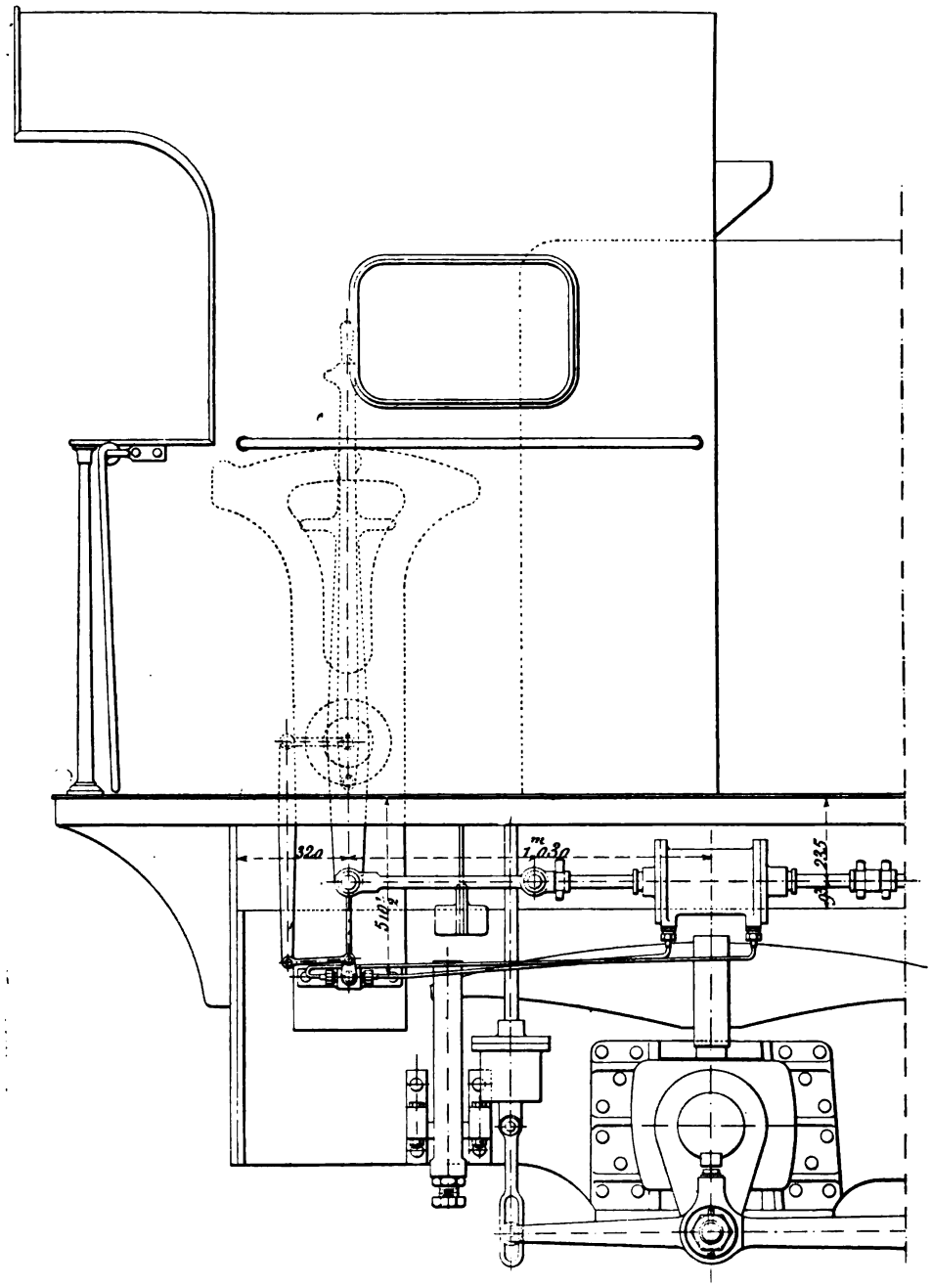


Fig. 607. — Disposition d'ensemble de la commande à vapeur du changement de marche. Locomotives du type 16 de l'*État belge*.

subite de vapeur dans le cylindre, on peut compléter l'installation par une *cataracte*. A cet effet, la tige du piston à vapeur se prolonge vers l'avant, et

Digitized by Google

porte un second piston qui se meut dans un cylindre de plus petit diamètre que le cylindre à vapeur. Ce cylindre, dénommé cataracte, est rempli d'huile ou d'un mélange d'eau et de glycérine, cette dernière ayant pour but d'empêcher la congélation en hiver.

Le piston du cylindre à cataracte est percé d'un trou de petit diamètre qui fait communiquer ses deux faces. La résistance que le liquide éprouve à passer d'un côté sur l'autre, remplit l'office de frein et adoucit le fonctionnement de l'appareil.

Ce système de changement de marche est un des plus simples et des plus efficaces que l'on ait appliqués.

Malgré l'ingéniosité déployée dans les applications des changements de marche à vapeur aux locomotives, ces engins ne paraissent pas s'être répandus ni devoir se développer beaucoup, du moins d'ici peu d'années, si ce n'est peut-être pour les locomotives compound à quatre cylindres où le nombre deux fois plus grand des coulisses et des tiroirs rend la manœuvre plus pénible. Il semble que l'on préfère aujourd'hui chercher la solution du problème dans la même voie que les Américains, par la diminution des efforts résistants des tiroirs et des garnitures.

278. Garnitures des tiges de pistons et de tiroirs. — Les tiges de pistons et de tiroirs, les tringles de régulateurs, traversent les parois des cylindres, des boîtes à tiroir et du dôme ou de la chaudière, à travers une garniture spéciale qui assure l'étanchéité à son pourtour sans créer un serrage excessif.

Le presse-étoupes le plus simple est représenté figure 457. Le couvercle du cylindre ou de la boîte à tiroir porte une saillie cylindrique dans laquelle est ménagée une chambre dont le fond comporte une bague en bronze dite *grain* ou *bague de fond*, alésée intérieurement à un diamètre très légèrement supérieur à celui de la tige. Des garnitures composées de tresses annulaires en chanvre ou en coton sont placées dans la chambre et serrées contre la tige au moyen d'un chapeau sur lequel on agit au moyen de boulons. Ce chapeau, qui est souvent en fonte, est garni intérieurement d'une bague en bronze, rapportée.

Ces bagues se remplacent facilement après usure sans qu'il soit nécessaire de retoucher à aucune des pièces essentielles de la boîte.

Une bonne garniture doit être parfaitement étanche et souple, présenter un frottement aussi faible que possible, sans parties de dureté inégale pouvant rayer les tiges; enfin elle ne doit pas être susceptible de se décomposer ou de se durcir sous l'action de la vapeur.

Les garnitures en chanvre et en coton, autrefois seules usitées, sont à peu près uniformément abandonnées, même pour les petites machines. Ce fait est

Digitized by Google

dû surtout à l'élévation générale des pressions et par conséquent des températures de la vapeur, défavorables à la durée des garnitures végétales, et à l'apparition d'autres systèmes de garnitures ou à l'emploi de matériaux d'origine minérale, autrefois peu connus.

Les garnitures en *amiante* sont actuellement en faveur surtout dans la marine, et répondent aux *desiderata* exprimés plus haut.

On sait que l'amiante se tisse comme le chanvre ou le coton. On en fait des tresses, dont l'âme peut être en chanvre ou en coton, qui se logent dans les stuffing-box comme les anciens bourrages. Toutefois l'amiante présente ces avantages qu'elle ne se détériore et ne se durcit pas sous l'action de la vapeur à haute température et présente une surface onctueuse au toucher qui diminue beaucoup le frottement. En outre, elle peut s'appliquer sans modifications à tous les presse-étoupes, autrefois étudiés pour des bourrages en chanvre.

On peut reprocher à toutes les garnitures à bourrage, que ce dernier soit en chanvre, en coton ou en amiante, de nécessiter un entretien dispendieux, des visites et des réglages fréquents. Les premières, en outre, sont rapidement détruites par la vapeur à haute pression. En outre, on est toujours dans l'incertitude sur le serrage donné à la tige par la pression du chapeau, serrage qui peut être souvent excessif, entraîner un frottement exagéré et des grippages. C'est à ces inconvénients qu'ont pour but de parer les garnitures métalliques, avec un succès d'ailleurs variable suivant la manière dont elles sont conçues.

L'application des garnitures métalliques aux pistons devait entraîner tôt ou tard leur adaptation à leurs tiges. Actuellement, la presque totalité des locomotives sont munies de garnitures métalliques. Ces dernières présentent une immense variété et il est aussi impossible qu'inutile de les décrire toutes. Nous insisterons seulement sur leur principe et les qualités ou les défauts qu'elles peuvent présenter.

Les garnitures métalliques doivent répondre aux conditions suivantes :

Présenter une étanchéité complète ;

Produire sur les tiges le minimum de serrage compatible avec cette étanchéité ;

Offrir une certaine élasticité ;

Présenter des surfaces frottantes qui ne soient pas de nature à rayer les tiges même en cas de graissage insuffisant et de chauffage ;

Offrir une simplicité aussi grande que possible ; être susceptibles d'être démontées, visitées et ajustées très rapidement ;

Être autant que possible disposées de manière que l'usure soit rattrapée pour ainsi dire automatiquement, au fur et à mesure de sa production.

Ce sont là des conditions qui ne sont pas faciles à remplir intégralement

Digitized by Google

et auxquelles bien peu des dispositifs employés dans la pratique sont capables de répondre complètement.

Le défaut de la plupart des garnitures usuelles est l'excès de raideur et de dureté qui les empêche de se prêter à un léger désaxement de la tige provenant d'une usure des glissières, de l'ovalisation des cylindres, etc., et occasionne un frottement énergique, source de chauffages et de grippages. En ce qui concerne les tiges de tiroirs, le serrage excessif a surtout pour inconvénient de rendre plus pénible la manœuvre du changement de marche. Nous examinerons plus loin des types de garnitures américaines que nous avons pu apprécier sur place et qui nous ont paru ne présenter aucun de ces défauts.

Les garnitures métalliques les plus usitées pour les locomotives se composent essentiellement de bagues en métal blanc superposées, coupées et enfilées sur la tige à l'intérieur de la boîte. Toutes ces bagues ou une partie d'entre elles seulement, les bagues extrêmes, offrent à l'extérieur une forme conique s'engageant à l'intérieur de cônes de même inclinaison pratiqués à l'intérieur des bagues voisines ou du grain de la bague de fond et du chapeau de la garniture de telle sorte que tout serrage ait tendance à les fermer et à les serrer sur la tige.

Beaucoup de garnitures métalliques sont serrées à bloc et comportent un ressort hélicoïdal intérieur, concentrique à la tige, qui est chargé de produire un serrage constant, jamais excessif ni insuffisant, et de rattraper l'usure au fur et à mesure qu'elle se produit.

On peut obtenir une garniture métallique donnant des résultats satisfaisants en utilisant les anciennes boîtes à étoupes non modifiées que l'on vient bourrer avec des tresses formées de copeaux en métal blanc. Cette garniture est facile à confectionner et ne produit pas d'usure anormal, quand elle est bien soignée et graissée. La Compagnie de l'*Est* l'a employée sur une assez grande échelle, puis l'a abandonnée pour la garniture *Kubler*. Elle n'est pas sans inconvénients. Les tresses, pour donner une bonne étanchéité, ont besoin d'être bien écrasées et, comme leur tassement ne se produit complètement qu'au bout de trois ou quatre semaines de service, une active surveillance est nécessaire au début pour éviter les fuites ou les avaries au presse-garniture par suite du jeu que prend la garniture et qui à chaque bout de course vient se marteler tantôt sur le chapeau tantôt sur la bague de fond. Les mécaniciens, en outre, doivent être munis de tresses de rechange pour recharger les garnitures en temps utile.

Si les tresses ne sont pas posées par des agents soigneux, elles peuvent ne pas être introduites dans le presse-étoupes à la longueur qui correspond à un nombre entier de tours de la tige ; les deux bouts d'une même tresse viennent se superposer d'où résulte un serrage trop fort d'un côté d'où usure

Digitized by Google

excessive et ovalisation des tiges et production de fuites. De plus, ces tresses épousent toutes les rugosités intérieures des boîtes et on ne peut les retirer sans les couper lorsque l'on démonte des tiges, si celles-ci sont à tête renflée.

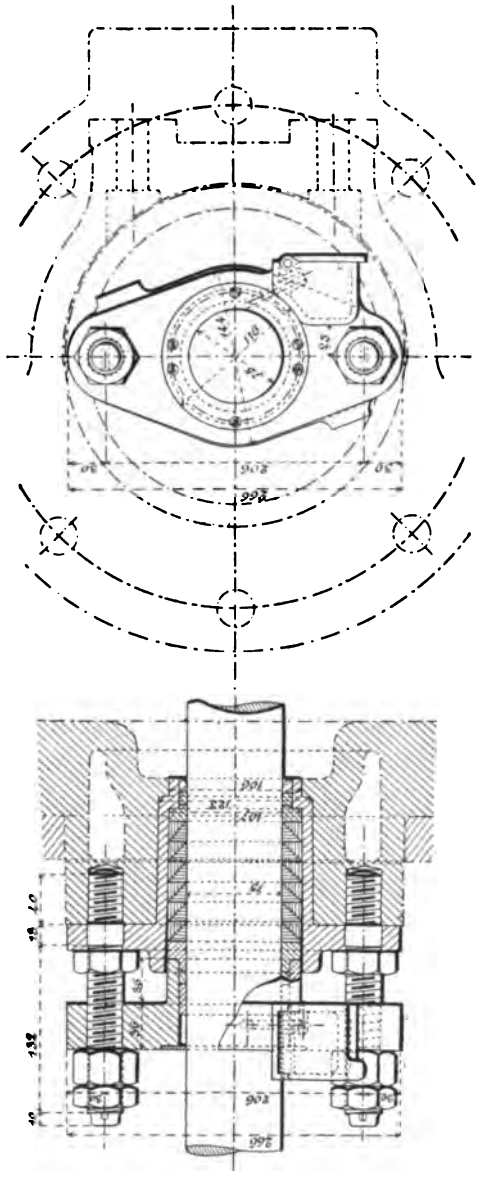


Fig. 608. — Presse-garnitures de tige de piston (système Kübler). Locomotives à six roues accouplées (série 3001 à 3015) des *Chemins de fer de l'Est*.

La garniture ***Jeanty*** a été essayée par la Compagnie de l'***Est*** qui, satisfaite de celle du système Kubler, n'en a pas généralisé l'emploi. Elle se compose de bagues en forme de tore creux coupées en deux parties égales faisant joint par un recouvrement de 10 mm. environ ; chacune de ces bagues est formée d'un dessus et d'un dessous, coulés séparément et que l'on réunit ensuite par des soudures. Elles s'écrasent légèrement sous la pression du chapeau et produisent une assez bonne étanchéité ; nous retrouverons cette garniture sur des machines de la Compagnie d'*Orléans*.

La garniture Kubler est employée d'une manière générale par la Compagnie de l'***Est***. Elle est représentée figures 608 et 609 dans son application aux tiges de piston et de tiroir des machines à marchandises de la série 3,000.

Elle se compose de plusieurs couples de bagues ; chaque couple comprend une bague en forme de cône plein pouvant glisser dans une autre en forme de cône creux. Quand on serre le presse-garniture, la bague creuse est repoussée contre la paroi de la boîte à étoupes, tandis que la bague pleine s'applique contre la tige.

Le tassement de la garniture est obtenu de suite avec le simple rapprochement des écrous contre le serre-garniture. Le serrage, très modéré, doit

Digitized by Google

être opéré de telle façon que, quand la machine est froide, le presse-garniture reste libre afin d'assurer le jeu nécessaire à la dilatation.

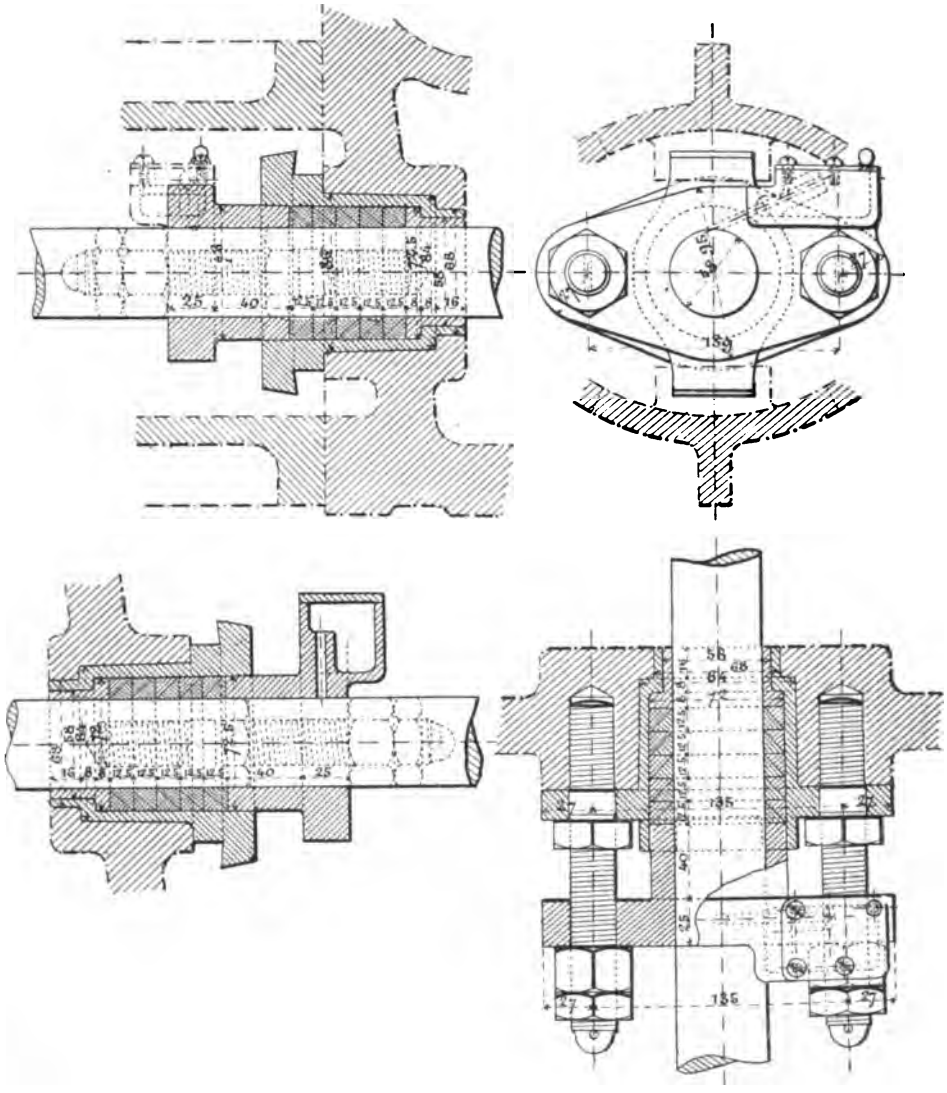


Fig. 609. — Presse-garnitures des tiges de tiroir (système Kübler). *Chemins de fer de l'Est* (Mach. 3001-3015).

Cette garniture exige, comme tous les systèmes à bagues, un outillage spécial de moules soignés.

Convenablement graissée, elle dure, sans rechargement, d'une grande réparation à l'autre de la machine, soit pendant un parcours moyen de 40 000 km. environ. Comme l'usure des tiges est insignifiante, sans l'intérêt qu'il y a de mettre alors toutes les parties de la machine dans le meilleur état possible, la garniture fournirait facilement un service double.

Digitized by Google

Pour empêcher l'adhérence des segments contre les parois de la boîte lorsque la fonte est rongée par l'action combinée de la vapeur et de l'huile, la Compagnie de l'*Est* rapporte à l'intérieur de la boîte à étoupes une fourrure en bronze dont la surface lisse facilite le démontage.

Les bagues de cette garniture se font avec l'alliage dont la composition est ci-dessous :

Plomb	80
Antimoine	8
Etain	12

Pour faciliter la sortie de ce fourreau lui-même, on lui donne ainsi qu'à la partie intérieure de la boîte, une certaine conicité. Ce fourreau est maintenu, soit par deux petits étriers en fer qui le retiennent au chapeau, soit par deux écrous montés sur les goujons même servant au serrage du presse-garniture.

La Compagnie de *P.-L.-M.* emploie la garniture *Duterne* consistant en une bague cylindrique que termine un cône à chaque bout. Cette bague, pour permettre le démontage, se fait en deux pièces lorsque la tige présente un renflement ; les deux segments sont en contact par une double coupure croisée effectuée suivant deux plans parallèles. La boîte présente une conicité de 1 mm. environ pour faciliter l'extraction de la garniture. La composition des bagues est comme suit :

Plomb	76
Antimoine	10
Etain	14

La Compagnie du *Nord* emploie un système analogue représenté figure 610 dans son application aux cylindres à haute pression des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157). La boîte est garnie intérieurement d'un fourreau en bronze maintenu par deux écrous vissés sur les goujons de serrage du chapeau et dans le fond duquel se monte le grain qui est en deux parties pour faciliter la sortie de la tige portant un renflement. Le presse-garniture, qui est en bronze, porte aussi une bague intérieure en deux parties.

La garniture se compose d'une bague en métal blanc, en deux parties, évidée intérieurement sur presque toute sa longueur, sauf aux extrémités, pour diminuer la surface de frottement sur la tige, le contact n'ayant lieu que dans le voisinage des cônes dont le rabattement sur la tige, produit à la fois par le léger serrage du chapeau, grâce à l'inclinaison des génératrices, et par le mouvement alternatif de la tige, assure l'étanchéité.

On a placé en dehors, sur le chapeau, vers le côté mais à la partie haute, un graisseur à mèche qui correspond à une cavité ménagée à l'avant du

Digitized by Google

presse-garniture, fermée par une petite enveloppe en laiton démontable et où l'on place quelques torons de chanvre ou de coton assurant une lubrification constante. Cette disposition n'est pas spéciale aux machines dont nous

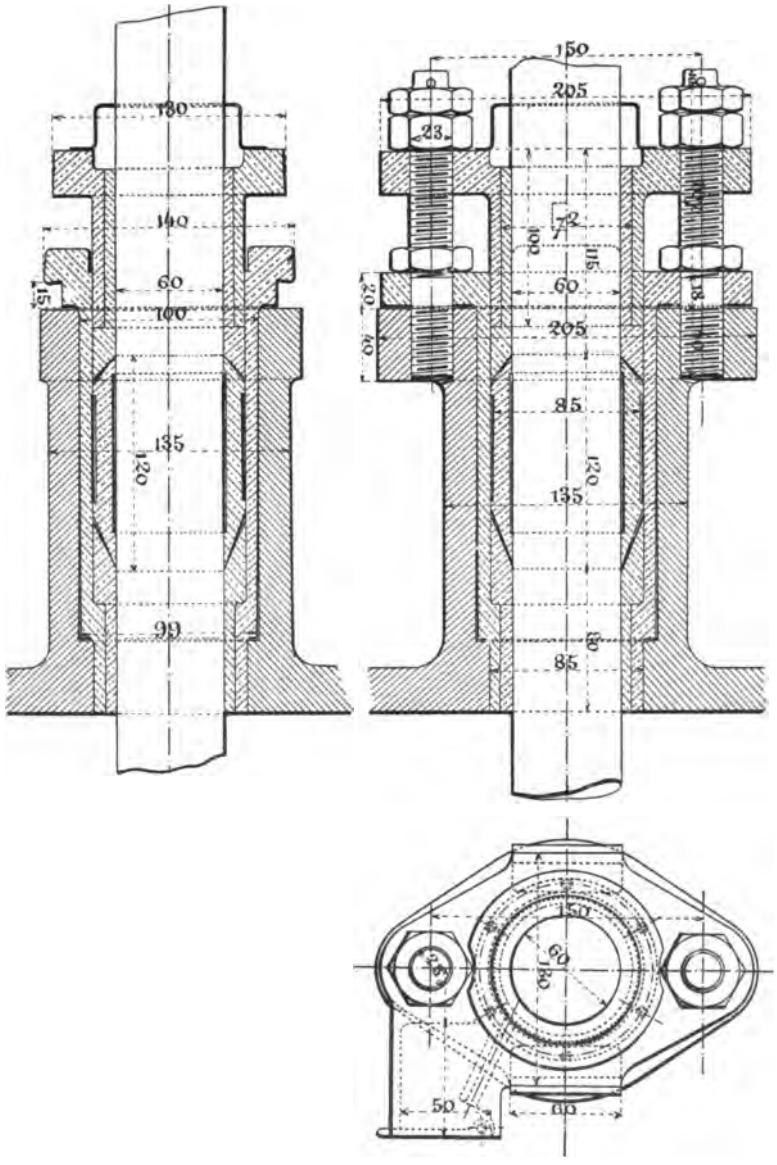


Fig. 610. — Presse-garnitures des tiges de piston (cylindres à H. P.) des locomotives compound à grande vitesse (série 2 121-2 157) du *Chemin de fer du Nord*.

nous occupons, on la retrouve sur la plupart des garnitures métalliques qui demandent un bon graissage. La Compagnie de l'*Est* a cependant pu s'en dispenser dans les dernières garnitures Kubler qu'elle a installées, le graissage se faisant directement sur la tige, sans tresse (voir fig. 609).

Digitized by Google

La Compagnie de l'*Ouest*, outre différents systèmes appliqués à titre d'essai, fait usage d'une manière à peu près générale de la garniture Duterne à laquelle elle a fait subir une petite modification que nous croyons avantageuse. Entre la bague formant garniture (figure 611) et le chapeau, on interpose un petit ressort hélicoïdal qui assure un serrage modéré et constant permettant d'effectuer le serrage à bloc du chapeau. Cette disposition ne peut avoir que des avantages à la condition que le ressort soit suffisamment raide pour assurer en tous temps l'étanchéité sans l'être trop pour causer un serrage excessif, ce qui ne doit arriver que très accidentellement. Si le ressort casse ou perd sa bande, on n'a aucun moyen de réglage, il faut démonter la garniture et remplacer le ressort.

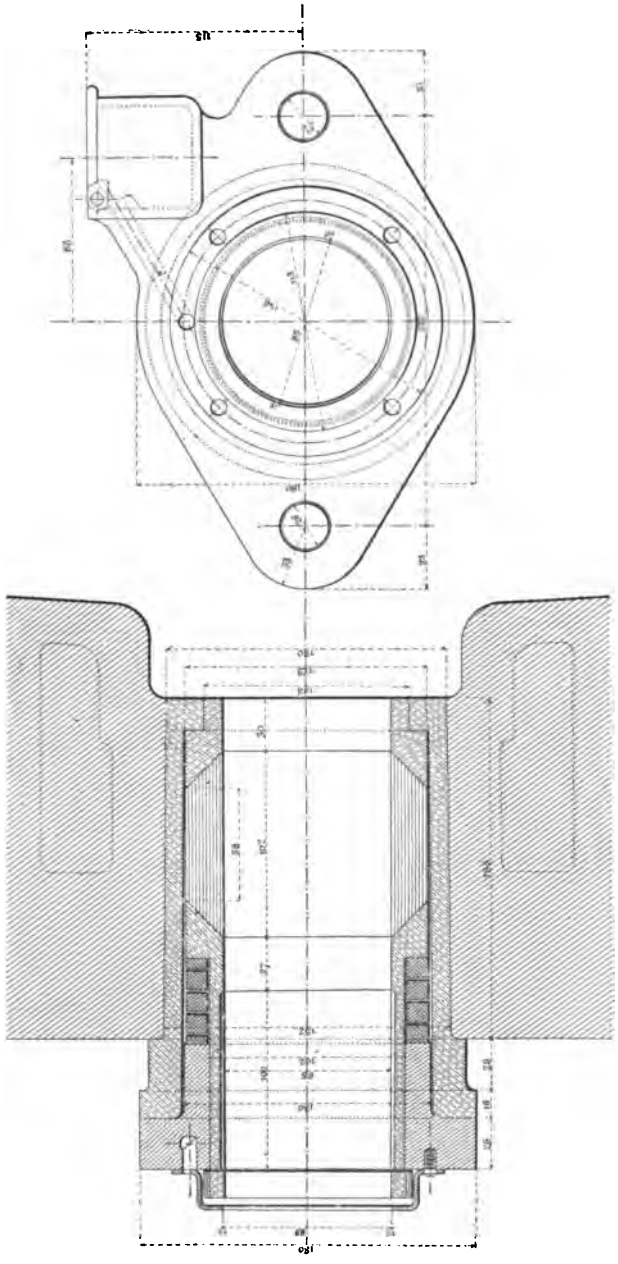


Fig. 611. — Garniture Duterne. *Chemins de fer de l'Ouest* (Mach. 963-990).

La *Compagnie d'Orléans* emploie la garniture du système Pile et, depuis quelques années, la dispositif représenté figure 612 comportant une série de bagues creuses, formées par la réunion de deux rondelles à gorge, soudées, et qui se montent dans des boîtes analogues à celles des anciens presse-étoupes mais garnies intérieurement d'une

Digitized by Google

chemise en bronze. Ces garnitures paraissent présenter une plus grande élasticité et moins favoriser la production des serrages excessifs que certains des dispositifs examinés ci-dessus.

Les systèmes de garnitures métalliques étudiés jusqu'ici sont remarquables par leur simplicité, mais ils offrent une grande rigidité. Pour que leur fonctionnement soit irréprochable, il est indispensable que l'axe de la tige de piston, des glissières et de la garniture coïncident exactement, sans quoi

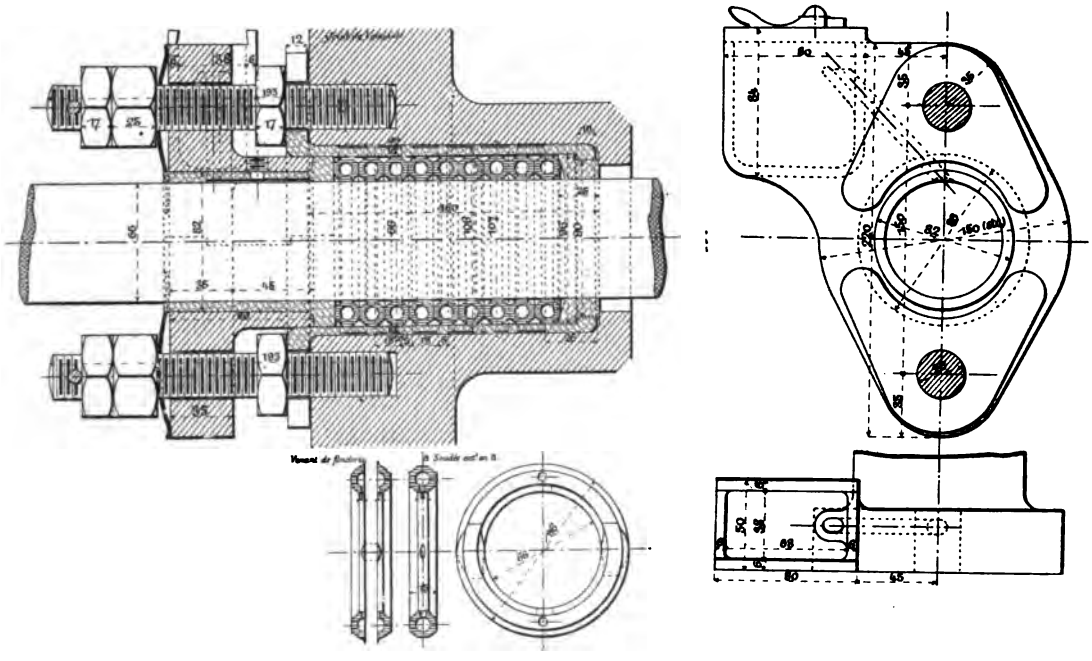


Fig. 612. — Garniture métallique tubulaire (*Chemin de fer d'Orléans*).

la tige plierait ou gripperait. Même quand un ajustage soigné a permis de réaliser ces conditions au moment de la construction, il est rare que l'ovalisation du cylindre ou l'usure irrégulière des glissières n'amène pas rapidement un désaxement qui se traduit par un accroissement des résistances passives et souvent une usure et un grippage normal de la tige ou de la garniture.

Quelques constructeurs ont cherché à y remédier en donnant aux bagues de fond et du chapeau un faible jeu transversal qui permet à la tige de se déplacer autour de l'axe du cylindre, d'une quantité suffisante pour pallier à quelque défaut d'ajustage ou à l'usure du cylindre et des glissières.

On n'emploie plus, aux État-Unis, pour les locomotives, que des garnitures élastiques permettant un léger déplacement latéral de la tige sans diminuer l'étanchéité, lorsque l'alésage du cylindre ne se trouve plus en ligne avec l'axe des glissières. En outre, ces dispositifs sont étudiés de manière à ne

Digitized by Google

donner qu'un très faible serrage, ce qui est particulièrement avantageux pour les tiges de tiroirs, la résistance opposée au mouvement de ces dernières étant souvent de beaucoup augmentée par le serrage exagéré des garnitures. C'est en partie grâce à l'emploi de garnitures de ce genre que les Américains ont pu, sur leurs plus puissantes locomotives, continuer l'usage de leviers ordinaires de changements de marche dont la manœuvre étonne par sa douceur.

Les deux systèmes les plus employés sont ceux dits *United States* et *Jerome packings*, qui ne diffèrent que par des détails de construction.

Le premier type est représenté figure 613. La tige est embrassée par des rondelles en métal blanc, fendues et croisées, qui sont pressées vers l'extérieur contre une bague continue, à l'intérieur d'un petit cône, de forme correspondant à celle des bagues extrêmes, au moyen d'un long ressort spiral, concentrique à la tige. Le grain du chapeau est rodé sur sa surface interne contre la bague et présente un diamètre intérieur supérieur de quelques millimètres à la tige. Celle-ci peut ainsi prendre une certaine obliquité, entraînant dans son mouvement les segments et la bague qui, pressée vers le dehors par le ressort et l'action de la vapeur, forme un joint élastique et étanche sur le grain. Le chapeau du presse-étoupes, en fonte, est fixé à bloc sur le couvercle au moyen de deux boulons, et l'étanchéité est obtenue par l'interposition de deux fils en cuivre rouge. Cette garniture est donc réglée une fois pour toutes et le rattrapage de jeu ne se produit que par l'action du ressort; le mécanicien ne peut produire de serrage intempestif. En outre, le serrage des segments sur la tige est extrêmement faible quand le régulateur est fermé et ne devient assez énergique pour empêcher les fuites que pendant l'introduction de la vapeur dans le cylindre qui augmente leur serrage par sa pression. On remplace les bagues au fur et à mesure de l'usure, avec la plus grande facilité.

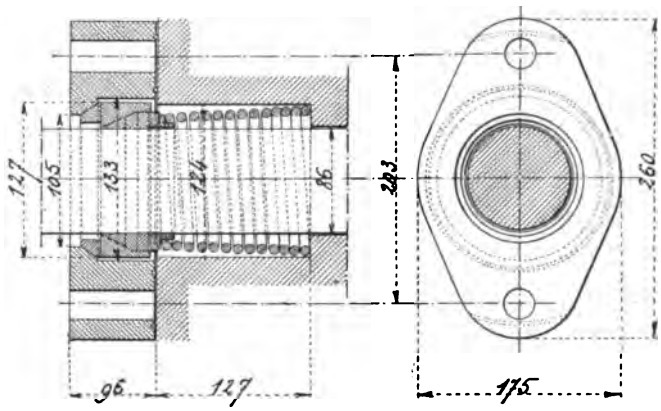


Fig. 613. — Garniture métallique type *United States*.

Ce système, tel que nous venons de le décrire, offre un certain inconvénient. Si la tige présente quelques irrégularités de surface et si sa cylindricité n'est pas parfaite, elle peut venir adhérer fortement, en un point donné de la course, à l'intérieur des segments dans lesquels elles se coince. Dès

Digitized by Google

lors, dans son mouvement de l'avant vers l'arrière, elle entraîne par adhérence les bagues qui se décollent de leur siège, d'où fuite de vapeur. On

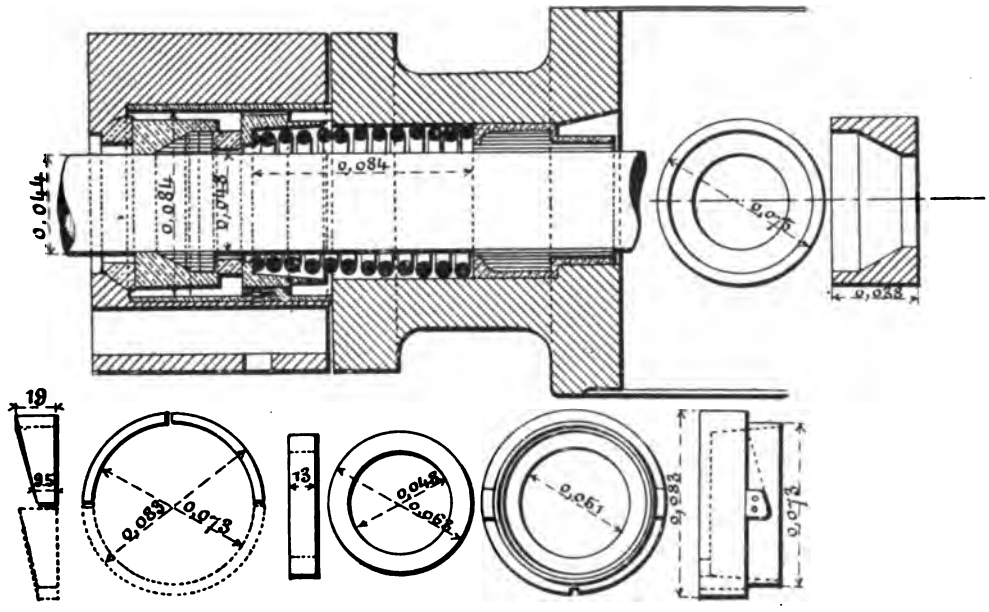


Fig. 614. — Presse-garniture américain du système *Cole* : pour tige de tiroir.

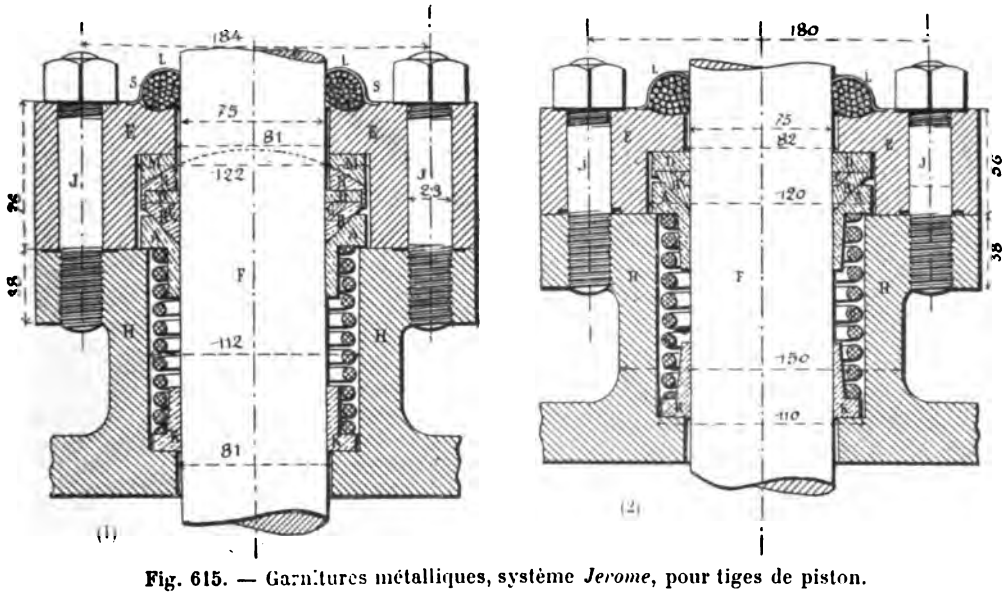


Fig. 615. — Garnitures métalliques, système *Jerome*, pour tiges de piston.

peut donner au ressort une tension suffisante pour que cet entraînement n'ait pas lieu, mais il en résulte un serrage excessif qui est en opposition même avec le but que l'on cherche à atteindre par l'emploi de ces appareils. On y a

Digitized by Google

remédié de différentes façons. On trouvera (fig. 614) la disposition adoptée par le *Baltimore and Ohio* et qui est brevetée par M. Cole. La bague sur laquelle agit le ressort et qui est placée contre les segments en métal blanc, porte sur l'arrière une partie cylindrique dont l'arête arrière vient à quelques millimètres de la face postérieure de la boîte contre laquelle elle butte dès que l'entraînement des bagues se produit vers l'avant; cet entraînement est ainsi limité et n'a plus d'inconvénients, le ressort étant assez long et élastique pour que la pression qu'il exerce sur les segments ne subisse pas du fait de son raccourcissement, dans d'aussi faibles limites, de variation sensible.

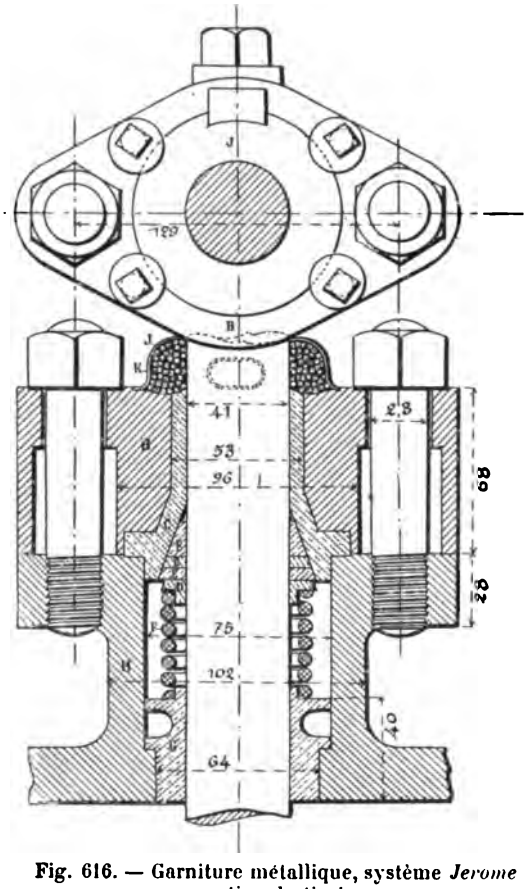


Fig. 616. — Garniture métallique, système *Jerome* pour tige de tiroir

La garniture *Jerome* est une modification de la précédente et présente elle-même plusieurs variantes. Dans le modèle représenté figure 615 (2), l'étanchéité de la garniture dans la boîte est assurée par le contact des bagues D et K, capables d'un léger déplacement latéral, l'une sur le chapeau, l'autre sur le fond de la boîte et qui sont pressées en deux sens opposés par un ressort à boudin concentrique à la tige produisant aussi le serrage des deux bagues-segments en métal blanc B et C à génératrices inclinées. La bague A vient buter sur le dessus de la boîte H quand, la tige allant de l'arrière vers l'avant, il y a tendance au collage des segments sur la tige.

La figure 615 (1) représente un autre dispositif dans lequel le joint des bagues du chapeau M et N, se fait suivant une surface sphérique permettant à la tige de prendre une certaine obliquité sans qu'il se produise de fuites. Cette complication paraît peu utile.

Les segments de la garniture Jerome sont en métal blanc offrant une composition spéciale et possédant une malléabilité suffisante pour qu'ils puissent, étant simplement fendus d'un côté, être ouverts à la main puis refermés pour leur mise en place sur la tige. Ils ne peuvent toutefois subir cette opération plus de deux ou trois fois au plus sans casser.

Digitized by Google

Comme la précédente, cette garniture est serrée à bloc et n'a besoin d'aucun réglage. Le graissage est assuré par une tresse à cheval maintenue par un petit couvercle amovible en laiton.

Ces garnitures américaines, dont nous avons pu apprécier le fonctionnement en service et qui se sont récemment introduites en Angleterre, nous semblent réaliser un véritable perfectionnement. Elles diminuent les résistances passives de la machine et facilitent la manœuvre du changement de marche; elles restent étanches après un temps de service souvent fort long sans qu'il soit besoin d'aucun réglage.

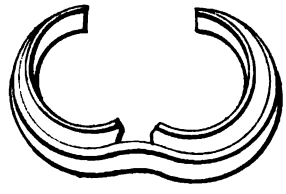


Fig. 617. — Segment fendu pour garniture Jerome. Prêt à être mis en place.

279. Examen de quelques types de mécanismes. — Nous allons passer en revue quelques mécanismes appartenant à des locomotives récentes et pouvant être considérées comme des types appréciés et sanctionnés par l'expérience.

MÉCANISMES INTÉRIEURS. — Nous avons choisi les exemples de manière à donner un aperçu général des principales dispositions usitées.

North British Railway (fig. 442). — Ce mécanisme offre la disposition classique anglaise. Les cylindres sont aussi espacés que possible afin que l'on puisse loger entre eux les tiroirs qui sont verticaux et scindés chacun en deux portions indépendantes, évacuant l'une par en dessous, l'autre par-dessus; les deux échappements se réunissent, le premier contournant le cylindre dans un conduit extérieur, à la base de la culotte d'évacuation. Les pistons sont coniques de manière qu'il soit possible d'allonger légèrement la bielle motrice le presse-étoupes étant rentré à l'intérieur du cylindre d'une quantité égale à la hauteur du cône. Cette disposition est nécessaire pour des locomotives qui ont de grandes courses de piston et sont très ramassées.

Glissières à quatre barres, bielles pleines avec grosse tête à palier et petite tête à chape.

La distribution est effectuée par des coulisses de Stephenson à simple flasque avec relevage par-dessus. Elles commandent les tiroirs par l'intermédiaire d'une pièce deux fois déportée vers l'intérieur, que l'on retrouve dans toutes les machines anglaises et qui est nécessaire si l'on n'adopte pas de renvoi de mouvement, l'axe de la coulisse étant de chaque côté à 0,040 m. environ de celui de la tige de tiroir correspondante. Cette pièce se termine, du côté de la coulisse, par une fourche qui embrasse cette dernière et porte un renflement cylindrique traversant le guide formé par une douille en bronze traversant un bossage venu de fonte avec l'entretoise support de glissières qui est en acier moulé.

Digitized by Google

Les colliers d'excentrique sont en fonte ; tous les organes du mécanisme sont en fer cémenté et trempé.

Great Western Ry (fig. 443). — Variante du précédent appliquée aux machines à six roues accouplées du *Great Western Ry*. L'axe des cylindres est incliné pour éviter l'essieu avant qui est accouplé. Les tiroirs sont disposés comme plus haut, mais ils ne sont pas divisés en deux portions et tout l'échappement se fait en entier par le haut, disposition qui a pu être réalisée parce que les cylindres sont plus petits; leur diamètre n'est que de 0,432 m. au lieu de 0,482 m. comme plus haut.

Les pistons sont en fonte et plats ; ils portent deux segments et sont aussi assemblés sur la tige par un écrou et un cône.

Glissières à deux barres placées dans le plan d'oscillation de la bielle ; bielles à fourche avec têtes à chapes aux deux extrémités.

La distribution est opérée comme plus haut par des coulisses Stephenson fendues mais le relevage se fait par-dessous. Les pièces déportées, transmettant au tiroir le mouvement des coulisses, sont rectangulaires dans la partie qui traverse les guides, larges pièces en bronze boulonnées à la plaque support des glissières qui est en tôle et que les glissières dépassent vers l'arrière.

La tête du piston de gauche actionne une petite pompe à double effet qui remplace le grand éjecteur du frein à vide.

North Eastern Ry (fig. 441). — Cette figure représente le mécanisme des nouvelles express à quatre roues accouplées de 2,32 m. qui ont été mises en service en 1895-1896 et font entre Newcastle et Edimbourg le service des trains rapides. Les cylindres, fondus d'une seule pièce, placés au-dessus du bogie, sont horizontaux ; les boîtes à tiroir sont aussi disposées horizontalement, au-dessus, le grand diamètre des cylindres (0,508 m.) n'aurait pas permis de les placer entre eux comme dans les machines précédentes. Les portes des boîtes à tiroir se trouvent dans la boîte à fumée.

Les pistons sont en fonte et se trouvent assemblés sur leurs tiges par un écrou ; ils portent une contre-tige sur l'avant.

Glissières doubles supportées par une entretoise en acier moulé, boulonnée aux longerons. La grosse tête de bielle est à chape et la petite tête porte simplement un œil garni d'une bague en bronze. L'essieu coudé est à plateau et du type Worsdell.

Les tiroirs sont actionnés par l'intermédiaire d'un mouvement de sonnette qui s'explique de lui-même, au moyen de coulisses de Stephenson à simple flasque avec relevage en dessus. Les excentriques ont des colliers en acier forgé garnis intérieurement de bagues en bronze.

La figure 447 indique la disposition générale du mécanisme des locomotives à roues libres de la même Compagnie construites également d'après les plans

Digitized by Google

de M. Wilson Worsdell. Les tiroirs sont cylindriques et commandés directement par les coulisses, l'axe de distribution faisant un angle de plusieurs degrés avec l'axe des cylindres qui a du reste été légèrement incliné vers le bas afin de permettre, sans relever démesurément la chaudière de placer celle-ci sur les boîtes à tiroir qui lui servent d'attache.

La même Compagnie a étudié plusieurs dispositifs de distributions applicables à des locomotives à cylindres intérieurs de grand volume. La figure 445 représente un type à tiroirs cylindriques extérieurs et commandés par une distribution ordinaire, placée à l'intérieur, au moyen d'un renvoi de mouvement bien visible sur la figure. Quelques locomotives compound à roues libres du même réseau offrent une disposition analogue, mais la distribution est du type Joy qui est dans l'espèce peu justifiée, puisqu'elle actionne un arbre de renvoi et que l'axe des tiges de tiroirs est placé dans le plan horizontal des cylindres.

Great Eastern Ry (fig. 444). — Les axes des cylindres sont rapprochés afin de permettre de donner plus de longueur aux fusées de l'essieu moteur et les tiroirs sont placés sous les cylindres. Ils sont commandés directement par des coulisses de Stephenson fendues et déportées vers le dehors, leur axe est incliné. Les colliers d'excentriques sont en fonte. Le relevage s'opère par en haut.

Pistons en fonte à deux segments, glissières à barre unique, grosses têtes de bielles à chapes; entretoise support de glissières en acier moulé.

Une disposition de tiroirs analogue est employée, sur beaucoup de machines-tenders des Compagnies de l'*Ouest* et de l'*Est*, mais les tiroirs ne sont pas actionnés directement par les coulisses et leur axe est horizontal.

Chemins de fer de l'Ouest (fig. 439). — Mécanisme des locomotives express à bogie 963-990. Les cylindres sont horizontaux et les tiroirs sont placés au-dessus, mais sur le côté et inclinés, de manière à être facilement accessibles du dehors.

Glissières à deux barres placées dans le même plan vertical et supportées par une entretoise en acier moulé qui sert d'attache aux paliers des coulisses. Grosses têtes de bielles à étrier dans lesquelles les écrous de serrage sont placés sur l'avant afin de diminuer la saillie sur l'arrière et de permettre de rapprocher la face avant du foyer, qui est profond, de l'essieu moteur.

Afin de faciliter l'accessibilité des deux grosses têtes de bielles en permettant qu'un homme puisse, en se glissant sous la machine, passer entre les bielles sans être gêné par aucun obstacle aussi bien que pour reporter tous les organes de la distribution à l'avant des roues motrices dans le but d'en rendre la surveillance et le graissage plus faciles, on a appliqué une distribution radiale d'un type spécial : la coulisse, du type Walschaërt, est actionnée

Digitized by Google

par un parallélogramme dont un des points est articulé vers le milieu de la bielle motrice. L'axe de la tige du tiroir se trouve placé dans le même plan vertical que la coulisse, il n'y a donc aucun renvoi de mouvement ni déport.

Chemins de fer de l'État belge (fig. 440). — Le mécanisme représenté, qui diffère peu de ceux qui sont appliqués par la même administration à d'autres types de locomotives appartient aux machines à six roues accouplées de 1,70 m., dites du *type 6*.

L'axe des cylindres est incliné afin d'éviter l'essieu accouplé avant. Les tiroirs sont placés comme dans la machine précédente, mais un peu plus verticalement ; il est d'ailleurs juste de rappeler que cette disposition très avantageuse des boîtes à tiroir, aujourd'hui fort répandue, a été appliquée pour la première fois par les chemins de fer de l'*État belge*. La distribution est du type Walschaërt, et n'offre rien de spécial si ce n'est le grand diamètre des poulies d'excentrique dont l'excentricité est supérieure à la course maximum des tiroirs, les barres attaquant les coulisses à une certaine distance du point extrême où se placent les coulisseaux. Le relevage se fait par en dessous et l'arbre est commandé par un renvoi de sonnette.

Le châssis est extérieur, mais un troisième longeron médian porte des boîtes pour l'essieu coudé.

Glissières à doubles barres latérales, générales sur le réseau de l'*État belge*, grosses têtes de bielles à chapes, petites têtes à coins. L'entretoise support de glissières, des paliers, des coulisses et de l'arbre de relevage, est en tôle.

Chemins de fer de l'État badois (fig. 437). — Cette figure représente le mécanisme des nouvelles locomotives à quatre roues accouplées, construites pour les *Chemins de fer badois* par la *Société alsacienne ;* il est presque identique à celui des cylindres intérieurs des locomotives compound à grande vitesse à quatre cylindres des Compagnies du *Nord* et du *Midi*. Les cylindres sont horizontaux et les boîtes à tiroir sont disposées comme dans la machine de l'*Ouest* citée plus haut. Les pistons sont en fer étampé et emmanchés sur leurs tiges par pression avec rivetage de la partie antérieure. Glissières à deux barres, bielles motrices pleines avec grosses têtes à fourche et réglage par coins. Distribution Walschaërt très légère comportant un relevage par en dessous. Les excentriques, comme dans la machine précédente de l'*État belge*, sont placés en dehors des bras des manivelles, disposition nécessaire quand les tiroirs occupent la position adoptée dans ce cas particulier à moins de recourir à l'emploi d'un renvoi de mouvement. Cela n'offre d'ailleurs aucune difficulté même avec des cylindres de 0,460 m. de diamètre parce que, les tiroirs étant au dehors, leurs axes peuvent être très rapprochés et les fusées de l'essieu moteur conservent une longueur satisfaisante.

Digitized by Google

Chemins de fer de l'Est (fig. 438). — Mécanismes des nouvelles locomotives à marchandises de la Compagnie de l'*Est* (série 3000). Les cylindres sont légèrement inclinés pour éviter l'essieu avant qui est accouplé; ils sont commandés par des coulisses de Stephenson avec interposition d'une bielle de commande suspendue à un balancier et portant, vers son milieu, un cadre entourant le premier essieu. Les glissières, à guide unique, sont placées au-dessus des tiges de pistons. Les bielles motrices sont évidées et ont des têtes à chapes.

MÉCANISMES EXTÉRIEURS. — Nous examinerons de même un certain nombre de dispositifs choisis parmi les plus répandus ou les mieux étudiés.

Compagnie de P.-L.-M. — La figure 426 représente le mécanisme des locomotives B. 111-400, résultant de la transformation, en machines à bogie, des express à quatre essieux du type 1879. On peut le prendre comme type du genre de distribution dans laquelle les tiroirs sont placés à l'intérieur des longerons.

Le mécanisme des machines à marchandises de la même Compagnie, du type *Bourbonnais*, offre une disposition analogue. On en trouvera un autre exemple, figure 427, qui représente le mécanisme des locomotives à marchandises des chemins de fer de l'*Etat prussien*.

On trouvera, figure 432, la disposition d'ensemble du mouvement extérieur dans les locomotives compound à quatre cylindres et à grande vitesse de la Compagnie de *P.-L.-M.*, que l'on peut, avec celui de la machine du Nord que l'on trouvera plus loin, donner comme type du système dans lequel les cylindres sont placés immédiatement à l'avant des roues accouplées. Dans le cas particulier qui nous occupe, on a raccourci la bielle motrice en allongeant vers l'arrière la tige du piston.

Les cylindres sont surmontés des boîtes à tiroir dont les glaces sont disposées horizontalement. Glissières à barre unique placées au-dessus des tiges, supports de glissières en acier moulé portant aussi les paliers, également en acier moulé, des coulisses; grosses têtes de bielles à fourche, petites têtes à bagues; bielles d'accouplement très légères, évidées, munies de têtes démontables, à rattrapages de jeu d'un type particulier décrit ailleurs.

La distribution est effectuée de chaque côté par une coulisse Walschaërt actionnée par une petite bielle articulée sur la contre-manivelle. La tête de tige de tiroir est guidée par une glissière en acier moulé, boulonnée au cylindre. Les tiroirs sont du système Trick à canal.

Compagnie d'Orléans (fig. 428). — Disposition classique du mécanisme extérieur des express, l'exemple choisi se rapporte au type de 1894 (série 77 à 86). Glissières doubles; bielles à grosses têtes ouvertes; distribution par

Digitized by Google

coulisse de Gooch avec relevage par-dessous; tiroirs inclinés. Ce type de mécanisme a été imité en Autriche et en Italie.

Chemin de fer du Nord (fig. 429). — Mécanisme extérieur des locomotives compound à quatre cylindres et à grande vitesse étudiées par la *Société alsacienne* et remarquable par sa grande légèreté malgré la longueur des bielles motrices et d'accouplement. La disposition générale est la même que dans le type *P.-L.-M.*, avec cette différence que les coulisses sont placées en avant des plaques supports de glissières et que les guides des tiges de tiroir sont fixés aux glissières.

Glissières à deux barres superposées, maintenues à l'arrière par une plaque en tôle servant aussi d'attache aux paliers de l'arbre de relevage placés vers le bas; bielles motrices à grosses têtes à fourche et petites têtes rondes, bielles d'accouplement à fourche, démontables, distribution Walschaërt.

Les coulisses sont supportées par une pièce à fourche en fer qui les embrassent et se trouve fixée à la partie postérieure des glissières.

La figure 430 représente le mécanisme des locomotives à marchandises de la Compagnie du *Nord* qui offre une disposition classique depuis longtemps.

Chemins de fer de l'Etat prussien (fig. 433). — Mécanisme des locomotives à grande vitesse et à bogie construites par la *Société alsacienne*. Les cylindres sont placés de chaque côté, entre les roues du bogie, et commandent le premier essieu accouplé. Ils sont horizontaux et surmontés de tiroirs à canal du système Trick.

Glissières à doubles barres supportées à l'arrière par une plaque attachée aux longerons au moyen de cornières et qui sert aussi d'attache aux paliers des coulisses et de l'arbre de relevage. Bielles pleines avec têtes à fourche d'un type spécial.

La distribution, du type Walschaërt, est commandée par une contre-manivelle à bouton excentré; les têtes de tiges de tiroir sont guidées par une sorte de petite glissière reliée à l'arrière au support des glissières principales et en son milieu au longeron.

Chemins de fer de l'Ouest (fig. 431). — Mécanisme des nouvelles locomotives à six roues accouplées et à bogie. Les cylindres, de chaque côté, sont placés horizontalement entre les roues du truck et sont surmontés des boîtes à tiroir, horizontales. Glissières à barres superposées supportées vers le quart de longueur sur l'arrière par une plaque spéciale en acier moulé, complètement ouverte sur l'avant dans la partie comprise entre les deux glissières, ce qui facilite l'accessibilité de la crosse et de la petite tête de bielle.

Digitized by Google

Bielles motrices évidées, très légères, avec grosses têtes à fourche; bielles d'accouplement également évidées avec têtes démontables.

La distribution est du type Walschaërt. La coulisse, actionnée par une contre-manivelle à bouton excentré, est supportée par un palier en acier moulé, boulonné sur l'arrière du support des glissières; ce dernier forme, à sa partie inférieure, le palier de l'arbre de relevage. La tête de tige de tiroir est guidée par une glissière de forme spéciale boulonnée au longeron.

Le changement de marche s'opère comme dans les machines à grande vitesse de la même Compagnie, au moyen d'une vis placée verticalement sur l'avant et dont l'écrou est articulé à une bielle pendante commandant directement l'arbre de relevage. Cette vis est mise en mouvement par l'intermédiaire de deux pignons coniques, au moyen d'un arbre incliné, visible sur la figure, portant un volant de manœuvre placé dans l'abri.

Chemins de fer de l'Est. — La figure 434 représente le mécanisme des locomotives à grande vitesse 833 et 834, munies de la distribution Lencauchez. Toute la partie située en arrière des coulisses et tout le grand mouvement et le relevage sont identiques, à part l'excentrique de marche avant et sa barre qui sont doubles, à celui des locomotives de la même série munies de tiroirs ordinaires. La disposition relative et l'écartement des essieux accouplés sont les mêmes que dans la machine express du *Nord* examinée plus haut.

Cylindres horizontaux; glissières à deux barres superposées, supportées par une plaque en tôle boulonnée au longeron servant d'attache aux paliers de l'arbre de relevage et aux guides des bielles de tiroirs. Bielles motrices pleines avec petites têtes rondes à bagues et grosses têtes à fourche; bielles d'accouplement évidées avec têtes démontables, à chape sur l'avant, à fourche sur l'arrière.

La distribution est commandée par des coulisses de Stephenson à doubles flasques; les excentriques sont montés sur une contre-manivelle. Une équerre de relevage, placée sur le tablier à l'arrière des roues accouplées et recevant son mouvement de la vis de changement de marche par une courte barre inclinée, commande directement le relevage de la coulisse de droite et, au moyen d'une bielle verticale, l'arbre de relevage de l'autre coulisse.

La distribution a été décrite plus haut.

Les bielles motrices et d'accouplement sont en acier, tous les organes de la distribution sont en fer, ainsi que les crosses munies de patins de frottement en fonte. Poulies d'excentriques en fonte, colliers en fer garnis intérieurement de métal blanc.

Les figures 592 (1) et (2) représentent les mécanismes extérieurs, de types classiques, des locomotives à huit roues accouplées des Compagnies de l'*Est*

Digitized by Google

(coulisses de Stephenson) et des chemins de fer de l'*Etat* (distribution Walschaërt).

La figure 435 représente un mécanisme du type américain, appartenant à une locomotive construite par les *Schenectady Locomotive Works*. Les cylindres sont placés entre les roues du bogie et sont surmontés des boîtes à tiroirs placées symétriquement par rapport à l'axe transversal médian, les deux cylindres sont interchangeables. Les glissières sont du type à barres superposées et les têtes de bielles à chapes. Les tiroirs sont actionnés par des excentriques intérieurs au moyen d'un arbre de renvoi nommé rocking-shaft. Le relevage s'opère par en dessus; le contrepoids est remplacé par un ressort hélicoïdal.

280. Exemples de régulation. — Nous n'avons voulu entrer dans aucun détail concernant le tracé des épures de distribution, sujet traité maintes fois dans d'autres ouvrages et dont l'étude, pensons-nous, sortait du cadre de ce traité. Nous avons cependant jugé intéressant de donner quelques exemples de régulation de distributions appartenant à divers types, capables de former un ensemble de renseignements utile à consulter, et que l'on trouvera ci-après.

Digitized by Google

SCHÉMAS

ET

TABLEAUX DE DISTRIBUTION

Digitized by Google

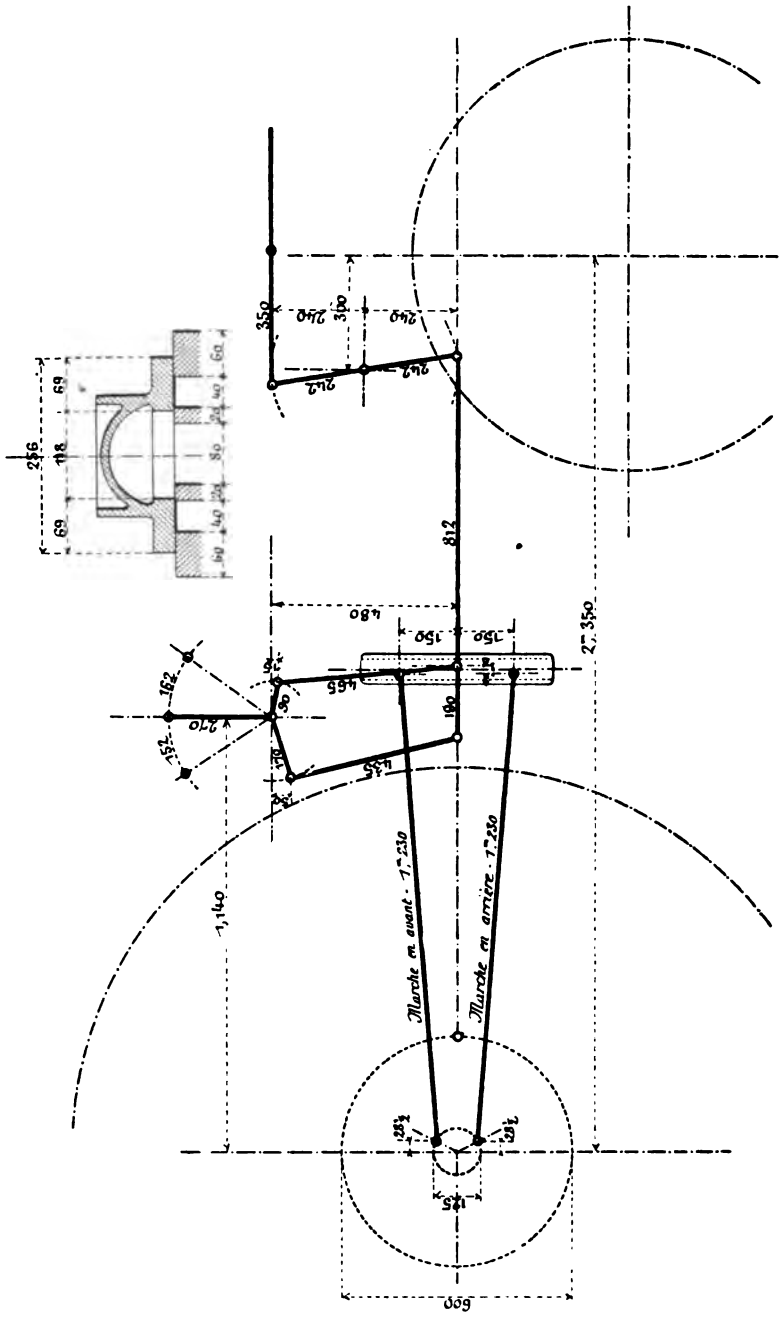


Fig. 618. — Schéma de la distribution ; coulisses d'Allan avec renvoi de mouvement des locomotives à grande vitesse (série 691-703) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

Digitized by Google

CHEMINS DE FER DE L'OUEST

MACHINES A QUATRE ROUES ACCOUPLÉES, 691 à 706.

Course du piston. . . . . 600 millim.
Course des excentriques 125
Angle de calage : 27°8', sinus. . . 28 1/2 —

Recouvrement extérieur. . . . . 28 mm.
— intérieur . . . . . 1 —

SENS DE LA MARCHE		AVANCE linéaire.		OUVERTURE maximum.		INTRODUCTION p. 100.		DÉTENTE p. 100.		ÉCHAPPEMENT anticipé.		DURÉE de l'échappement.		COMPRESSION		CONTRE-VAPEUR p. 100.	
		AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR
70 0/0	AV.	8	4 1/2	29	28	70	73	21	17	9	10	90	90	9	9 1/2	1	1/2
	AR.	4	6 1/2	23	28	66	73 1/2	23	18 1/2	11	8	91	86	8 1/2	13	1/2	1
50 0/0	AV.	8 1/2	5 1/2	16	15 1/2	48	54	34	30	18	16	81	80	17 1/2	19	1 1/2	1
	AR.	6 1/2	6 1/2	15 1/2	15 1/2	47	54	33	31	20	15	84	78	15	20 1/2	1	1 1/2
35 0/0	AV.	8 1/2	6 1/2	12	11	34	39	40	38	26	23	75	72	23	26 1/2	2	1 1/2
	AR.	7 1/2	6 1/2	11 1/2	11 1/2	34	40	40	38	26	22	77	72	21	26	2	2
20 0/0	AV.	8 1/2	7	9	8	19	24	43	43	38	33	64	60	32	37	4	3
	AR.	7 1/2	7	8 1/2	8	20	23	43	45	36	32	65	61	31	35	4	4
	PM.	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	9	12	41	45	50	45	51	45	39	45	10	10

Digitized by Google

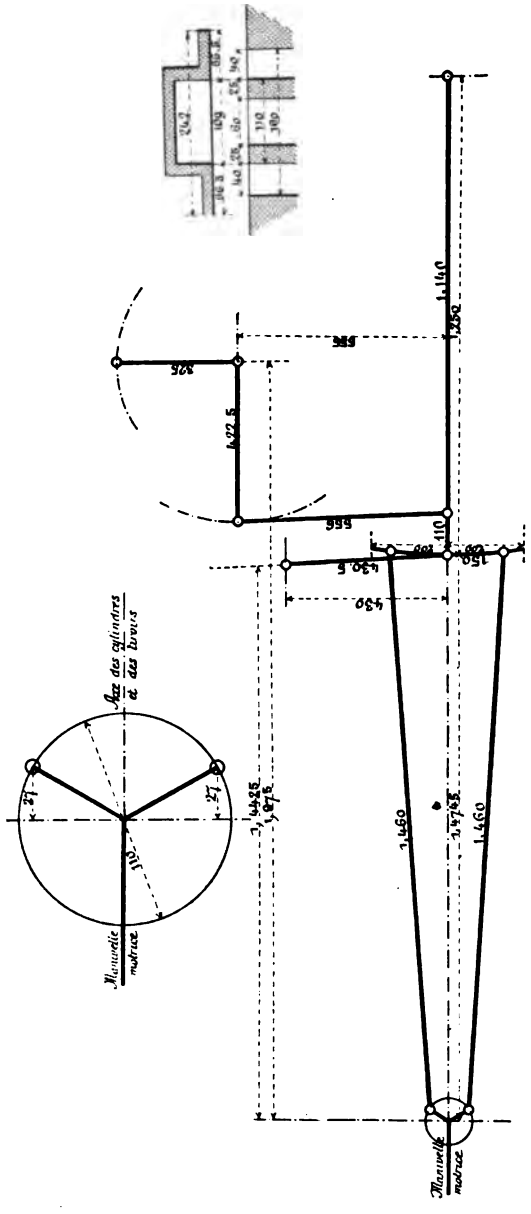


Fig. 619. — Schéma de la distribution ; coulisses de Gooch, de la locomotive à grande vitesse (n° 101) du *Chemin de fer de Paris à Orléans*.

Digitized by Google

IN DE FER DE PARIS A ORLÉ

IACHINE A GRANDE VITESSE, N° 101.

Marche en avant.

he	9	8	7
4	5 3/4 5 3/4	5 3/4 5 3/4	5 3/4 5 3/4
1/2	28 1/2 24 1/2	23 21	19 1/2 17 1/2
	26 1/2	22	18 1/2
	69 1/2 72 1/2	62 1/2 66 1/2	56 1/2 60
	100	100	100
	71	64 1/2	58 1/4
	100	100	100
	9 11 1/2	11 13 1/2	13 1/2 16 1/2
	100	100	100
	10 3/4	12 1/4	15
	100	100	100
	11 9	13 11	16 12 1/2
	100	100	100
	10	12	14 1/4
	100	100	100
	105	96	89
	12	7	3 3/4

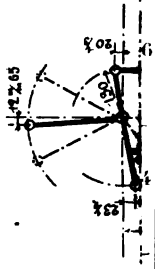
Marche en arrière.

	3	4	5	
	5 3/4 5 3/4	5 3/4 5 3/4	5 3/4 5 3/4	5
	7 7 1/2	9 1/2 9	12 1/2 11 1/2	15
	7 1/4	9 1/4	12	
	22 1/2 23 1/2	32 34	41 1/2 44	
	100	100	100	
	23	33	42 3/4	
	100	100	100	
	32 1/2 35 1/2	262 9	20 24	2
	100	100	100	
	34	27 1/2	22	
	100	100	100	
	34 1/2 31	27 1/2 24	23 19	4
	100	100	100	
	32 3/4	25 3/4	21	
	100	100	100	
	66 1/2	70 1/2	76	
	2	3 1/2	4	

Digitized by Google

Digitized by Google

. . . . . 0,1225 m.
ssion . . 0,030 —
ppement. 0,025 —



Marche avant.

S DE LA RÈGLE

0 Côté du piston.			1 Côté du piston.		2 Côté du piston.		3 Côté du piston.		4 Côté du piston.		5 Côté du piston.		6 Côté du piston.		7 Côté du piston.		8 Côté du piston.	
		R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R
7		4,4	5,7	4,6	5,9	4,6	5,9	4,7	5,9	5,1	6	5,2	6,4	6	6,8	6,7	»	»
3		33,7	32,4	34	32,4	34	32,6	34	33	34	33,2	34	34	34	33,8	34,2	»	»
8		4,6	5,8	4,8	6,1	5,6	7,2	9,5	9	13,2	13	20	18	27	25	36	»	»
	5,2		5,3		58,5		8,35		11,1		16,5		22,5		30,5		»	
6		6	10	12	16	22	27	33	37	42	50	52	59	59	67	66	»	»
		»	1,3	»	31/4	»	31/4	31/4	31/4	31/4	»	»	31/4	31/4	31/4	11/2	»	»
	7		11		19		30		40		51		59		67		»	
	5,8		0,5		1 1/2		31/4		»		»		31/4		»		»	
		40	51	46	51	42	46	36	40	32	33	27	27	24	22	20	»	»
4		31/4	3,9	»	»	»	31/4	31/4	31/4	»	»	31/4	»	»	»	31/4	»	»
	4		48		46		41		36		30		23		21		»	
	1,1		5,1		31/4		31/4		1 1/2		1 1/2		31/4		1 1/2		»	
		53	38	42	32	36	26	30	22	25	17	20	13	16	10	13	»	»
		31/4	1,3	»	31/4	»	»	»	»	31/4	»	31/4	31/4	31/4	31/4	»	»	»
	52		40		34		28		23		18		15		11		»	
	11/2		0,6		1 1/2		»		5		5		»		5		»	
		43	53	55	59	62	65	69	70	73	76	79	80	83	84	87	»	»
		5,2	»	31/4	»	»	31/4	»	»	31/4	»	»	31/4	31/4	31/4	»	»	»
	42		54		60		67		71		77		82		85		»	
	1,9		1,6		31/4		1 1/2		5		3 1/4		»		5		»	
		46	38	38	35	34	31	29	27	25	22	20	18	15	14	12	»	»
		4,5	»	5,2	31/4	31/4	»	»	3,9	»	31/4	»	31/4	4,5	6	31/4	»	»
	48		38		35		30		26		21		17		13		»	
	4,4		2,6		»		»		1,9		1,5		1 1/4		4,6		»	
		9	9	5	5	3	3	2	2	1	1	1	1	»	»	»	»	»
		4,5	»	4,5	31/4	31/4	31/4	»	2,6	31/4	31/4	»	»	5,2	3,9	3,25	»	»
	9		7		4		2		1		1		»		»		»	
	2,2		2,2		3 1/4		5		6,15		1 1/2		5,8		3,6		»	
	70,4		70,6		71,7		76,7		82,2		93		105		121		»	

Digitized by Google

Digitized by Google

. . . 0,128 m.
sion. . . 0,030 —
pement . 0,002 —

Marche avant.

DE LA RÈGLE

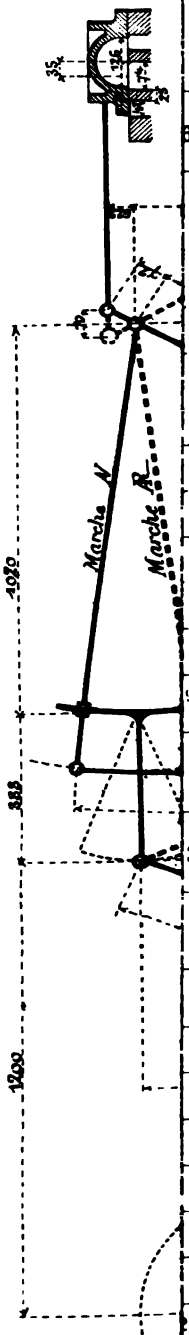
	0 Côté piston.		1 Côté du piston.		2 Côté du piston.		3 Côté du piston.		4 Côté du piston.		5 Côté du piston.		6 Côté du piston.		7 Côté du piston.		8 Côté du piston.	
	R		AV	R	AV	R	AV	R	AV	R	AV	R	AV	R	AV	R	AV	R
	4 8/10 33 »		»	»	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10	4 8/10 32 8/10
4 9/10	4 8/10		»	»	6 2/10 6 3/10	6 1/2	8 » 8 4/10	8 9/10	10 6/10 11 2/10	11 8/10	14 6/10 15 3/10	16 1/10	21 9/10 22 9/10	24 »	28 2/10 29 8/10	31 4/10	33 » 35	37 »
8	8 »		»	»	20 » 21	22 »	28 1/2 29 3/4	31 »	39 » 39 1/2	40 »	51 » 50 3/4	50 1/2	65 » 63 1/2	62 »	73 » 70 3/4	68 1/2	74 » 75	76 »
44 1/2	45 »		»	»	48 » 44 1/2	41 »	46 » 44 2/10	42,5 »	41 » 39 2/10	37 1/2	34 » 33	32 »	26 » 25 1/2	25 »	20 » 20 3/4	21 1/2	13 1/2 14	14 1/2
47 1/2	47 »		»	»	32 » 34 1/2	37 »	25 » 25 3/4	26,5 »	20 » 21 2/10	22 1/2	15 » 16 2/10	17,5 »	9 » 11	13 »	7 » 8 1/2	10 »	7 » 7 3/4	8 »
44 2/10	44 »		»	»	63 » 63 2/10	63 1/2	69 » 69 3/4	70 1/2	73 1/2 74 1/2	75 1/2	80 » 81 2/10	82 1/2	85 1/2 86 3/4	88 »	88 » 89 1/2	91 »	89 1/2 90	90 1/2
47 3/4	48 »		»	»	35 » 34 1/2	34 »	29 » 28 1/2	28 »	25 1/2 24 1/2	23 1/2	19 2/3 18 1/3	17 »	14 » 12 9/10	11 4/5	11 2/3 10 1/4	8 7/8	8 » 8 1/2	9 »
8	8		»	»	2 2 2 2/10	2 1/2	2 1 1 3/4	1 1/2	1 1	1	1/3 4/10	1/2	1/2 1/3	1/4	1/3 1/5	1/8	1/6 1/7	1/8
69	»		»		71 1/2		74		82 1/2		92		106		119 1/2		128	
0	»		»		4 3/4		6 1/2		8		10		11 1/2		12 1/4		12 1/2	

BAUDRY et Cie, Éditeurs.

Digitized by Google

Digitized by Google

E, 953-962.



Marche avant.

30		50		40		30		20		0	
AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV
5,9	6,1	5,9	6,1	6	6	6	6	6	6	6	6
36,1	35,9	36,1	36	36,1	36	36	36	36	36	36	36
20	16	15	121/4	121/2	93/4	91/2	71/2	71/2	6	6	
57,6	51,8	47,6	411/2	38	31,3	28	201/2	181/2	9	8	
26,1	30,9	31,5	36	361/4	40,2	40,8	42	43	43	40	
16,3	17,3	20,8	221/2	253/4	281/2	31,2	371/2	381/2	48	52	
88,2	81	84,2	76,3	791/2	71	73,7	633/4	65,2	50,8	49,6	
11,4	18,8	15,2	21,9	191/2	261/2	241/2	363/4	341/2	39,2	41,4	
0,4	1,2	0,6	1,8	1	2,5	1,8	0,45	3	10	9	
99	89		82 3/4		77 1/4		73		70		

Marche arrière.

30		40		50		60		70		FOND	
AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV
6,1	6,1	6,2	6	6,2	6	6,3	5,9	6,4	5,8	6,4	
36,1	36,2	36,1	36,2	36	36,3	36	36,4	35,9	36,4	35,8	
93,4	10,8	131/4	131/2	171/2	181/4	241 2	261/4	341/2	32	421/2	
32,2	37	44,6	45,6	54	561/2	65	67,3	74	73	78,8	
38,8	37,2	32,4	33,4	27,4	271/2	21	211/2	15,8	18	12,9	
29	25,8	23	21	18,6	16	14	11,2	10,2	9	8,3	
70	79	76,3	82,8	80,8	87	85,7	90,8	90	92,6	92	
27,8	191,2	22,4	16,1	18,3	12,3	13,8	8,8	9,7	7,1	7,8	
2,2	1,3	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	
76 3/4	82		89		100 3/4		118 3/4		132 1/2		

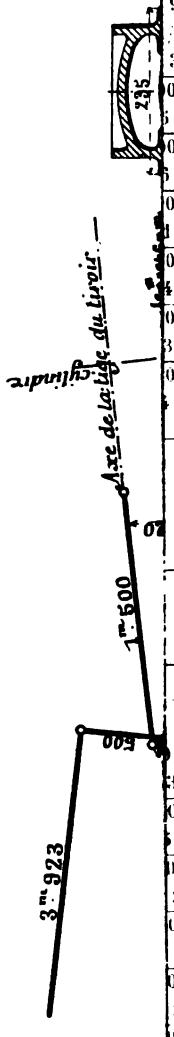
Digitized by Google

Digitized by Google

2200).

.	5	4	3	2	Point mort. 1
4 1/2	4 1/2 4 1/2	4 1/2 4 1/2	4 1/2 4 1/2	4 1/2 4 1/2	4 1/2 4 1/2
9 1/2	8 1/2 8 1/2	7 1/2 7 1/2	6 1/2 6 1/2	5 5	4 1/2 4 1/2
1/2	8 1/2	7 1/2	6 1/2	5	4 1/2
36	29 31	24 26	19 21	14 16	8 3/4 9 3/4
00	100	100	100	100	100
5	30	25	20	15	9 1/4
00	100	100	100	100	100
5 1/2	28 1/2 29 1/2	32 33	36 37	40 42 1/2	49 50 1/2
00	100	100	100	100	100
1/4	29	32 1/2	36 1/2	41 1/4	49 3/4
00	100	100	100	100	100
4 1/2	27 1/2 26 1/2	31 30	35 34	40 39	48 1/2 46 1/2
00	100	100	100	100	100
3/4	27	30 1/2	34 1/2	39 1/2	47 1/2
00	100	100	100	100	100
	72	70	68	65	64

	7	8	9	10	Point extrême. 11
4 1/2	4 1/2 4 1/2	4 1/2 4 1/2	4 1/2 4 1/2	4 1/2 4 1/2	4 1/2 4 1/2
9	12 1/2 10	16 1/2 13	23 17 1/2	31 1/2 24	37 29
	11 1/4	14 3/4	20 1/4	27 3/4	33
35 1/2	39 41	49 51	58 1/1 61 1/2	68 73	73 79 1/2
00	100	100	100	100	100
5	40	50	60	70 1/2	76 1/4
00	100	100	100	100	100
28	21 25	16 20	12 15 1/2	7 1/2 11 1/2	6 9 1/2
00	100	100	100	100	100
2	23	18	13 3/4	9 1/2	7 3/4
00	100	100	100	100	100
23	23 1/2 20	18 1/2 15	14 1/2 11 1/2	10 1/2 7	8 1/2 5 3/4
00	100	100	100	100	100
1/2	21 1/4	16 3/4	13	8 3/4	7 1/8
00	100	100	100	100	100
	77 1/2	84 1/2	95 1/2	110 1/2	121



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

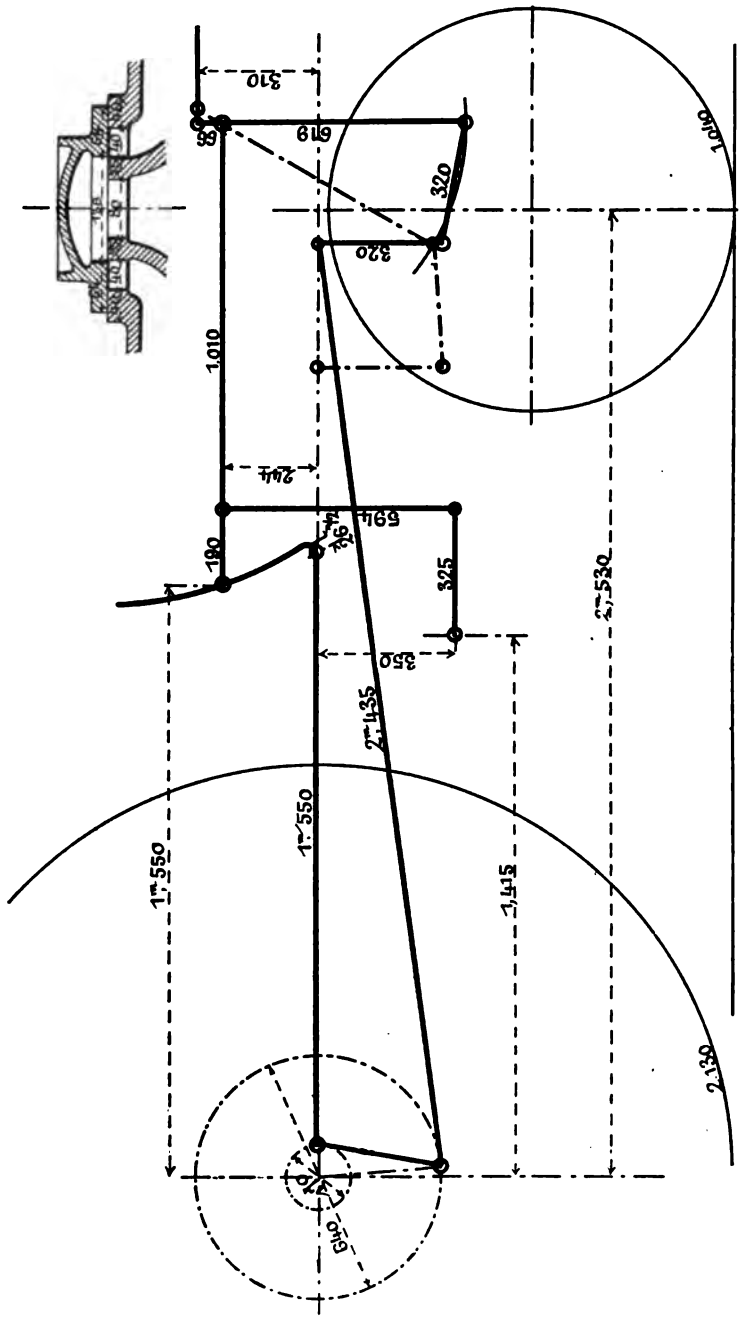


Fig. 624. — Schéma de la distribution intérieure (cylindres B. P.), type Walschaërt, des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

Digitized by Google

CHEMIN DE FER DU NORD

MACHINES COMPOUND A GRANDE VITESSE

Cylindres à basse pression.

Course des pistons. . . . . 640 mm. Recouvrement extérieur . . . . . 27 mm.
Course de la bielle d'excentrique. . 170 — Découvrement intérieur . . . . . 3 —

SENS DE LA MARCHE		AVANCE linéaire.		OUVERTURE maxima.		INTRODUCTION 0/0.		DÉTENTE 0/0.		ÉCHAPPEMENT anticipé.		DURÉE de l'échappement.		COMPRESSION 0/0.		CONTRE-VAPEUR 0/0.	
		AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR
Maximum.	AV. . .	7	7	36	36	79	75	13	14	8	11	92	94	7 1/4	5 1/2	3/4	1/2
	AR. . .	7	7	31	43	75	79 1/2	16	11 1/2	9	9	93	93	6 1/2	6 1/4	1/2	3/4
70 0/0. . .	AV. . .	7	7	26	26 1/2	70	66	17	18	13	16	89	90	10	9 1/4	1	3/4
	AR. . .	7	7	26	36	70	73	18	15	12	11	90	91	9 1/4	8 1/4	3/4	3/4
60 0/0 . .	AV. . .	7	7	19	20	60	57	23	23	17	20	85	88	14	11	1	1
	AR. . .	7	7	20	26	60	67	23	16	17	17	89	88	10	11	1	1
50 0/0. . .	AV. . .	7	7	15	16	50	49	29	28	21	23	81	83	17	15 1/2	2	1 1/2
	AK. . .	7	7	16	20	50	59	30	22	20	19	86	84	12 3/4	14 3/4	1 1/4	1 1/4
P. M.		7	7	7	7	11	12	36	37	53	51	58	55	32	35	10	10

Digitized by Google

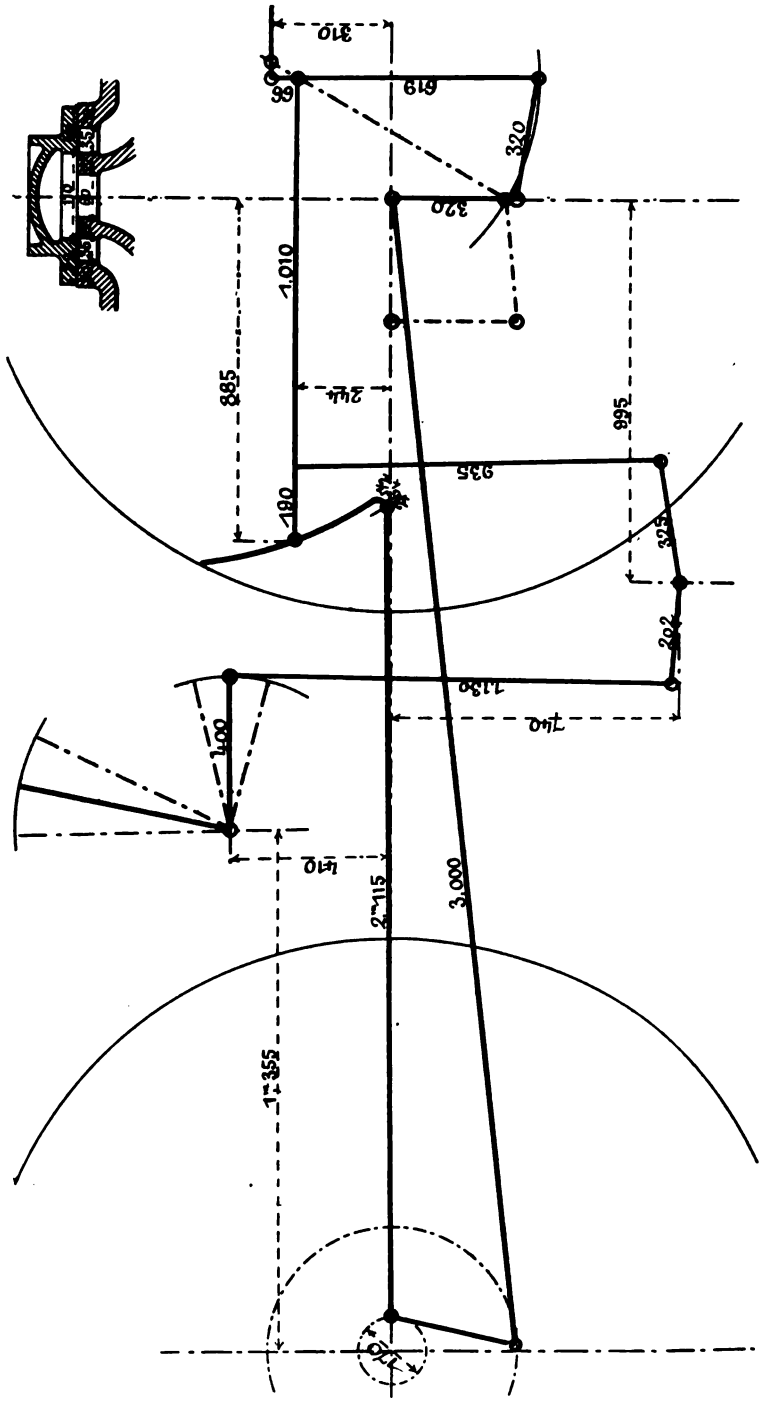


Fig. 625. — Schéma de la distribution extérieure (cylindres H. P.), type Walschaërt, des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

Digitized by Google

CHEMIN DE FER DU NORD

MACHINES COMPOUND A GRANDE VITESSE

Cylindres à haute pression.

Course des pistons. . . . . 640 mm. Recouvrement extérieur. . . . . 27 mm.
Course de la bielle d'excentrique. . . . 170 — Découvrement intérieur. . . . . 3 —

SENS DE LA MARCHE		AVANCE linéaire		OUVERTURE maxima.		INTRODUCTION 0/0.		DÉTENTE 0/0.		ÉCHAPPEMENT anticipé.		DURÉE de l'échappement.		COMPRESSION 0/0.		CONTRE-VAPEUR 0/0.	
		AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR
Maximum.	AV. .	7	7	39	40	80	78	12	12	8	10	93	94	6 1/2	5 1/4	1/2	3/4
	AR. .	7	7	33	43	78	79 1/2	13	11 1/2	7	9	94	94	5 1/2	5 1/2	1/2	1/2
70 0/0 . . .	AV. .	7	7	26	26	70	68	18	17	12	15	90	90	9 1/4	9 1/4	3/4	3/4
	AR. .	7	7	27	33	70	73	18	16	12	11	91	91	8 1/4	8 1/4	3/4	3/4
60 0/0 . . .	AV. .	7	7	20	20	60	59 1/2	22	21 1/2	18	19	86	88	13	11	1	1
	AR. .	7	7	21	24	60	63	23	20	17	17	88	88	11	11	1	1
50 0/0 . . .	AV. .	7	7	15	15	50	49 1/2	29	28 1/2	21	22	82	83	16 1/4	15 1/2	13/4	11/2
	AR. .	7	7	16	17	49 1/2	55	30	25	20 1/2	20	83	83	15 1/2	15 3/4	11/2	11/4
40 0/0 . . .	AV. .	7	7	12	12	40	40	32	32	28	28	78	79	19 1/2	19	2 1/2	2
	AR. .	7	7	13	14	40	43	32	30	28	27	80	80	18	18	2	2
30 0/0 . . .	AV. .	7	7	10	10	30	30	36	36	34	34	72	72	24	25	4	3
	AR. .	7	7	10	11	30	32	36	36	34	32	72	73	24 1/2	24	3 1/2	3
P. M.		7	7	7	7	11	10 1/2	36	36 1/2	53	53	57	54	33	36 1/2	10	9 1/2

Digitized by Google

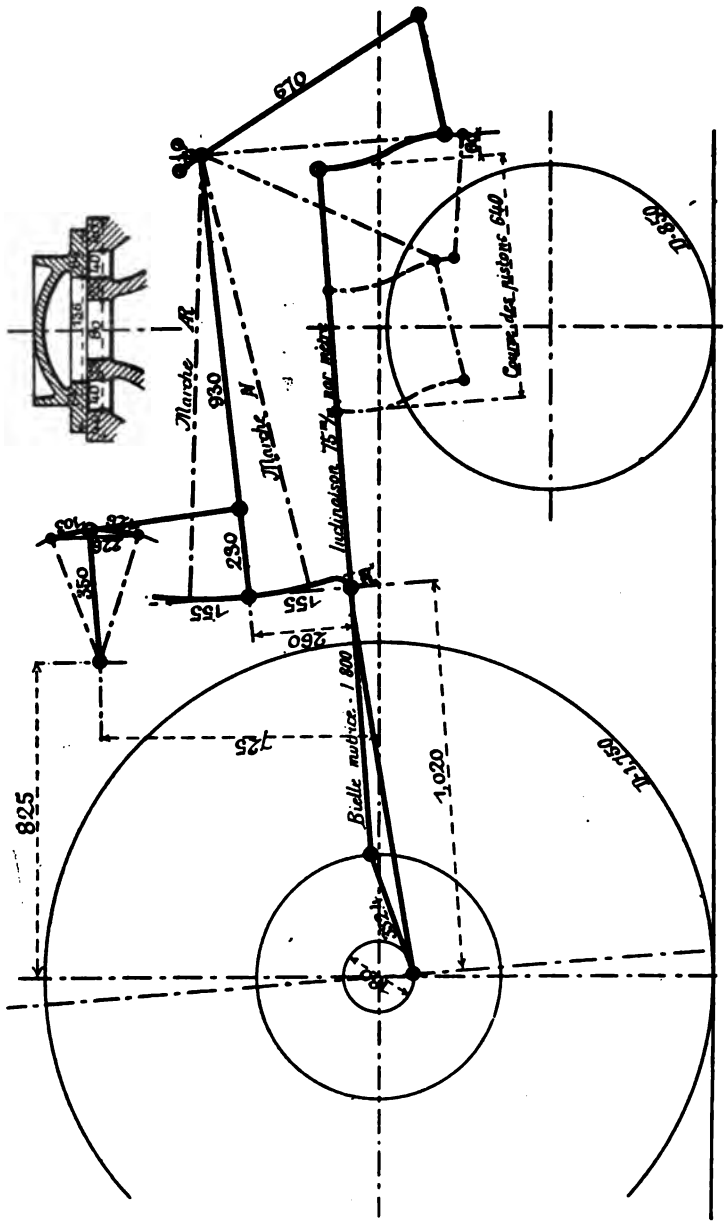


Fig. 626. — Schéma de la distribution intérieure (cylindres B. P.), type Walschaërt, des locomotives compound à six roues accouplées et à bogie des *Chemins de fer du Midi*.

Digitized by Google

CHEMINS DE FER DU MIDI

MACHINES COMPOUND A SIX ROUES ACCOUPLÉES ET A BOGIE

Cylindres à basse pression.

Course des pistons. . . . . 640 mm.
Course de la bielle d'excentrique. . . . 180 —
Angle de calage . . . . . 90° —

Recouvrement extérieur. . . . . 27 mm.
Découvrement intérieur. . . . . 3 —

SENS DE LA MARCHE	AVANCE linéaire.		OUVERTURE maxima.		INTRODUCTION 0/0.		DÉTENTE 0/0.		ÉCHAPPEMENT anticipé.		ÉCHAPPEMENT 0/0.		COMPRESSION 0/0.		CONTRE-VAPEUR 0/0.	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Maximum. AV.	6,4	6,4	43 1/2	36	78	79	13	14	9	7	95	94	4 1/2	5 1/2	1/2	1/2
Maximum. AR.	6,4	6,4	40	35	76	79	14	13	10	8	94	92 1/2	5 1/2	7	1/2	1/2
60 0/0. AV.	6,4	6,4	24	20	61	58	21	26	18	16	89	88	10 1/4	11 1/4	3/4	3/4
60 0/0. AR.	6,4	6,4	22	20	60	64	21	21	19	15	89	87	10 1/4	12	3/4	1
50 0/0. AV.	6,4	6,4	17	15	50	45	27	33	23	22	83	82	16	16 3/4	1	1 1/4
50 0/0. AR.	6,4	6,4	16	15	50	53	27	28	23	19	86	82	13	16 1/2	1	1 1/2
40 0/0. AV.	6,4	6,4	13	11	40	37	32	34	28	29	78	78	20 1/2	20	1 1/2	2
40 0/0. AR.	6,4	6,5	12	12	40	42	32	34	28	24	81	77	17 1/2	20 1/2	1 1/2	2 1/2
30 0/0. AV.	6,4	6,4	10	9	31	28	35	37	34	35	73	73	24 1/2	24	2 1/2	3
30 0/0. AR.	6,4	6,4	10	9	30	31	36	38	34	31	77	73	30 1/2	24	2 1/2	3
P. M.	6,4	6,4	6,4	6,4	8	10	35	33	57	57	52	52	38	36	10	12

Digitized by Google

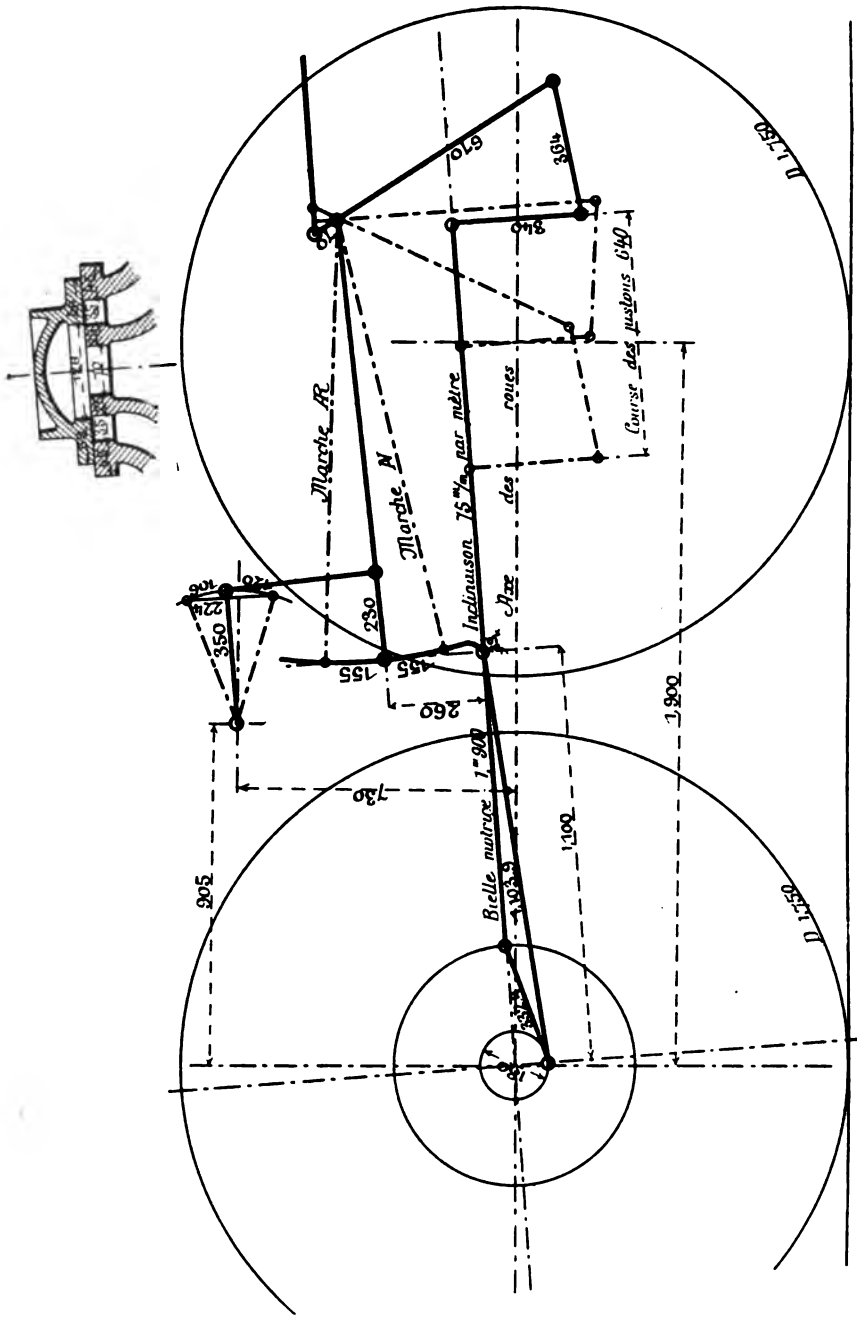


Fig. 627. — Schéma de la distribution extérieure (cylindres H. P.), type Walschaërt, des locomotives compound à six roues accouplées et à bogie des *Chemins de fer du Midi*

Digitized by Google

CHEMINS DE FER DU MIDI

MACHINES COMPOUND A SIX ROUES ACCOUPLÉES ET A BOGIE

Cylindres à haute pression.

Course des pistons . . . . . 640 mm.
Course de la bielle d'excentrique . . 180 —
Angle de calage . . . . . 90°

Recouvrement extérieur . . . . . 27 mm.
Découvrement intérieur . . . . . 3 —

SENS DE LA MARCHE	AVANCE linéaire.		OUVERTURE maxima.		INTRODUCTION 0/0.		DÉTENTE 0/0.		ÉCHAPPEMENT anticipé.		ÉCHAPPEMENT 0,0.		COMPRESSION 0/0.		CONTRE-VAPEUR 0/0.	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Maximum. AV.	6 1/2	6 1/2	44	41	78	80	14	12 1/2	8	7 1/2	95	94	4 1/2	5	1/2	1/2
Maximum. AR.	6 1/2	6 1/2	40	40	76	80	14	12	10	8	94	92 1/2	5	6 3/4	1/2	3/4
60 0/0. AV.	6 1/2	6 1/2	23	18	60	57	22	26	18	17	87	86	12 1/4	13 1/4	3/4	3/4
60 0/0. AR.	6 1/2	6 1/2	22	20	60	64	21	21	19	15	89	86	10 1/4	13	3/4	1
50 0/0. AV.	6 1/2	6 1/2	17	14	50	45	27	32	23	23	83	82	16	16 3/4	1	1 1/4
50 0/0. AR.	6 1/2	6 1/2	16	15	50	52	26	29	24	19	86	82	13	16 1/2	1	1 1/2
40 0/0. AV.	6 1/2	6 1/2	13	11	40	37	32	34	28	29	78	78	20 1/4	20	1 3/4	2
40 0/0. AR.	6 1/2	6 1/2	12	12	48	42	31	33	29	25	82	77	16 1/4	21	1 3/4	2
30 0/0. AV.	6 1/2	6 1/2	10	9 1/2	30	28	35	36	35	36	72	73	25 1/2	24	2 1/2	3
30 0/0. AR.	6 1/2	6 1/2	10	9	30	31	36	37	34	32	77	73	20 1/2	24	2 1/2	3
P. M.	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	8 1/2	9 1/2	35 1/2	33 1/2	56	57	53	53	36	36	11	11

Digitized by Google

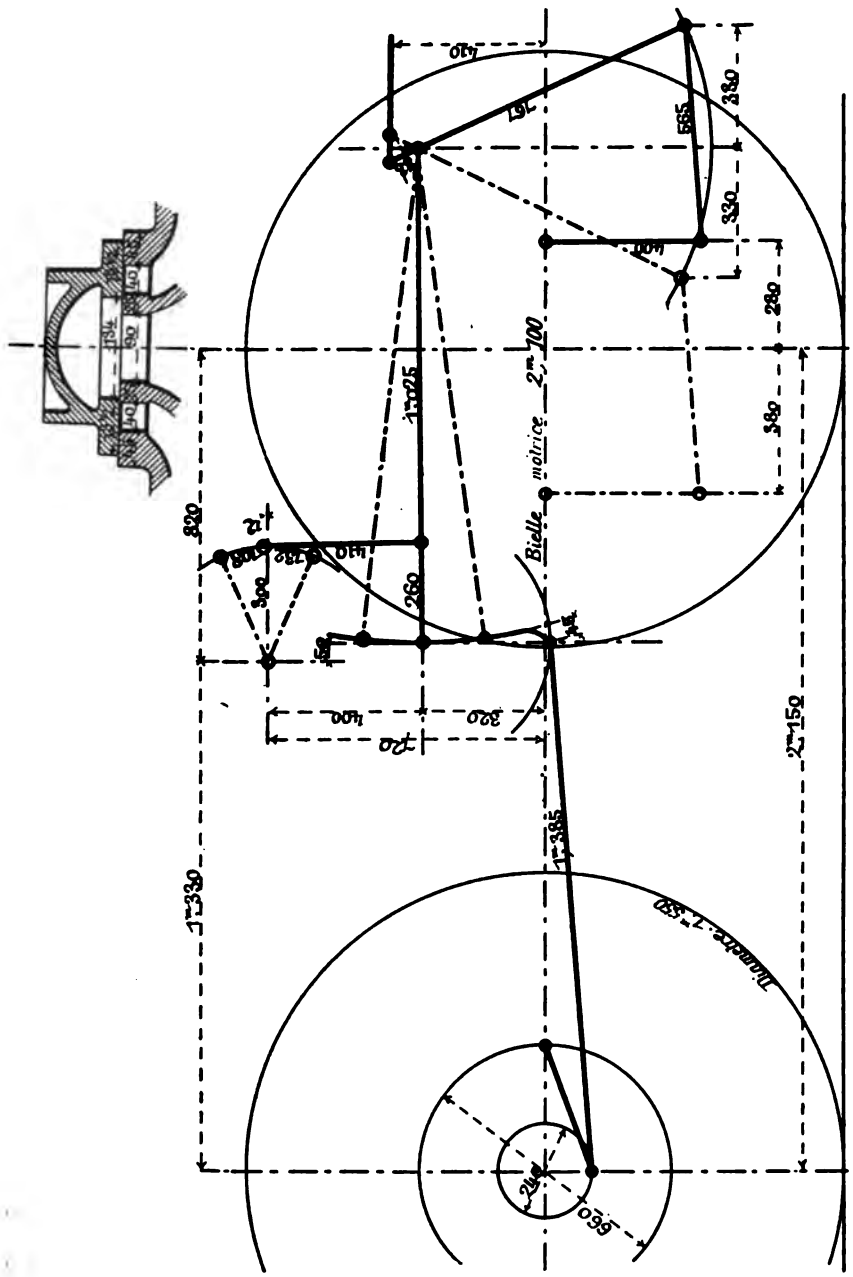


Fig. 628. — Schéma du mécanisme de distribution, type Walschaërt, des locomotives à six roues accouplées du *Central Suisse*.

Digitized by Google

CHEMIN DE FER CENTRAL SUISSE

MACHINES-TENDER A QUATRE ROUES ACCOUPLÉES

Course des pistons. . . . . 660 mm.
Course de la bielle d'excentrique. . . . 240 —
Angle de calage. . . . . 90°

Recouvrement extérieur. . . . . 30 1/2 mm.
Découvrement intérieur. . . . . 3 —

SENS DE LA MARCHE	AVANCE linéaire.		OUVERTURE maxima.		INTRODUCTION 0/0.		DÉTENTE 0/0.		ÉCHAPPEMENT anticipé.		DURÉE de l'échappement.		COMPRESSION 0/0.		CONTRE-VAPEUR 0/0.	
	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV
Maximum. AV.	4 1/2	6	48	40	80	80	14	16	6	4	93	92	63/4	7 1/2	1/4	1/2
Maximum. AR.	4 1/2	6	41	37	76	80	17	14	7	6	92	90	73/4	9 1/2	1/4	1/2
60 0/0. AV.	4 1/2	6	24	20	60	58	28	30	12	12	85	83	14 1/2	16 1/4	1/2	3/4
60 0/0. AR.	4 1/2	6	19	19	56	60	29	29	15	11	85	81	14 1/2	18	1/2	1
40 0/0. AV.	4 1/2	6	13	12	41	38	39	42	20	20	74	73	25 1/4	25 1/4	3/4	1 1/2
40 0/0. AR.	4 1/2	6	11	12	39	42	39	40	22	18	77	73	21 1/4	25 1/4	3/4	1 1/2
30 0/0. AV.	4 1/2	6	10	9	30	28	44	45	26	25	68	68	30 1/2	30	1 1/2	2
30 0/0. AR.	4 1/2	6	9	10	29	32	44	45	26	22	71	67	28	31	1	2
20 0/0. AV.	4 1/2	6	7	7	21	20	47	48	32	32	61	60	37	37	2	3
20 0/0. AR.	4 1/2	6	7	8	22	23	48	50	30	27	66	62	32	35	2	3
P. M.	4 1/2	6	4 1/2	6	8	8	40	47	48	45	45	44	47	46	8	10

Digitized by Google

CHAPITRE VII

MATÉRIAUX EMPLOYÉS POUR LA FABRICATION OU LA CONSTRUCTION DES DIFFÉRENTS ORGANES CONSTITUANT LE VÉHICULE

Nature et qualité des matériaux employés. — Conditions de fabrication et de réception généralement prescrites. — Longerons et accessoires. — Boîtes à huiles. — Essieux droits et coudés. — Ressorts de suspension, de choc et de traction. — Corps de roues. — Bandages.

281. Matériaux employés pour la construction des divers organes constituant le châssis. — Les principaux organes constituant le châssis sont composés des matériaux suivants :

Longerons et traverses. — Fer ou acier laminés; ce dernier métal est presque exclusivement usité aujourd'hui. — Fer forgé, aux Etats-Unis seulement.

Entretoises des longerons. — Fer ou acier laminé; acier moulé.

Glissières des plaques de garde. — Fonte; fer forgé; acier moulé.

Boîtes à huile. — Pour les corps de boîtes : fonte; fer matricé; acier moulé; bronze. — Pour les coussinets : bronze, le plus souvent régulé.

Essieux. — Fer ou plus souvent acier forgé.

Corps de roues. — Fer forgé ou matricé, acier moulé; fonte aux Etats-Unis seulement.

Bandages. — Acier laminé.

Ressorts. — Acier laminé.

282. Longerons. — Les longerons des locomotives européennes sont formés chacun d'une tôle d'acier (parfois de fer) d'une seule pièce, convenablement découpée et évidée. On emploie toujours en France, à cet effet, des tôles en acier fondu sur sole.

Nous donnons ci-après des extraits de cahiers des charges de quelques Compagnies françaises et étrangères; les prescriptions spécifiées s'appliquent souvent aussi aux tôles d'acier pour usages courants.

Digitized by Google

CHEMINS DE FER DE L'EST. — L'acier sera de première qualité ; la fabrication au convertisseur Bessemer, acide ou basique, est interdite.

Chaque longeron sera obtenu avec un seul et même lingot. Toute soudure est formellement interdite. Les lingots seront coulés d'un seul jet et sans reprise.

Après refroidissement, ces lingots doivent être examinés avec attention et expurgés, s'il y a lieu, par burinage, de tous les défauts pouvant donner naissance à des altérations dans la qualité des pièces.

Le recuit est laissé à l'appréciation du fournisseur ; si cette opération est jugée utile, le chauffage, la durée et le refroidissement auront lieu dans les meilleures conditions et avec toutes les précautions nécessaires.

Les longerons seront présentés à la réception dans l'état de livraison, c'est-à-dire après le recuit si cette opération a été jugée nécessaire, mais avant le cisaillage ; ils auront les excédents de surface sains et adhérents, de dimensions suffisantes pour effectuer les épreuves prescrites plus loin.

Les longerons doivent être parfaitement laminés, présenter une surface unie, propre et lisse, exempte entièrement de stries, soufflures, gales ou manques de matière, criques gerçures, gravelures, ondulations, poches locales et autres défauts d'aucune sorte pouvant nuire à leur emploi.

Toute trace de réparations, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer ou de faire disparaître les défectuosités superficielles est une cause de rebut.

Ces longerons seront très bien dressés à chaud, de façon à ne laisser subsister aucun gauche ni ondulation locale sensibles.

La texture du métal doit présenter la caractéristique du grain convenable et les sections de rupture seront sans défauts, parfaitement homogènes et sans traces de cristallisation vers les surfaces.

Il ne sera accordé aucune tolérance ***en moins*** sur les dimensions fixées ; la tolérance en plus ne pourra dépasser 1 0/0; au delà, les longerons pourraient encore être acceptés, si toutes les autres conditions étaient remplies, mais le poids du métal en excédent ne serait pas payé au fournisseur.

L'épaisseur des longerons sera parfaitement régulière et uniforme, sans tolérances dépassant les limites suivantes :

En plus : de 8 à 20 mm.	5 0/0 de l'épaisseur	de 21 à 35 mm.,	3 0/0 de l'épaisseur.
En moins : —	2,5 0/0 —	—	2 0/0 —

En dehors de ces limites, les longerons pourront être refusés.

Comme il est difficile de vérifier pratiquement l'épaisseur des longerons autrement que sur les bords des feuilles, la régularité de cette épaisseur, au milieu, sera contrôlée par le calcul du poids théorique obtenu en multipliant les dimensions matérielles par les poids spécifiques, résultat rapproché du poids réel.

Chaque longeron portera le numéro de coulée et la marque de l'usine de fabrication.

Essais et garantie. — Le nombre des essais est fixé comme il suit :

1° *Sur chaque longeron présenté :*

Eprouvettes essayées à l'état de livraison	une épreuve par traction, deux épreuves par chocs,	à chacune des deux extrémités du longeron.

2° *Sur un longeron par lot de* 10 *ou fraction moindre :*

Eprouvettes trempées.	une épreuve par traction ; une épreuve par chocs.	à chacune des deux extrémités du longeron choisi.

Le dressage des bandes pour épreuves, s'il est nécessaire, pourra avoir lieu à chaud, maximum 700° (rouge cerise un peu sombre) et seulement en présence de l'agent réceptionnaire.

Digitized by Google

Les faces laminées des bandes ou barreaux d'épreuves resteront dans l'état où le laminage aura amené la surface de la tôle.

La résistance par millimètre carré de la section primitive peut varier entre 40 et 50 kg., l'allongement correspondant entre repères ne sera, en aucun cas, inférieur à 22 0 0 et devra former, avec le chiffre de résistance, un total d'au moins 64, pour chaque essai.

Il ne sera fait aucune distinction entre les résultats à obtenir dans le sens longitudinal ou dans le sens transversal, les chiffres ci-dessus devant être atteints aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Une autre série de barreaux identiques aux précédents seront chauffés uniformément au rouge cerise un peu sombre (700° environ), puis trempés dans l'eau ne dépassant pas 28° centigrades et essayés ensuite par traction dans les mêmes conditions que ci-dessus.

Les résultats de charges, allongements totaux et strictions, seront relevés à titre de renseignements.

Les essais de pliages par chocs ou flexions et contreflexions seront effectués sur des barreaux terminés d'épaisseurs égales à celles de la tôle, de 30 mm. de longueur.

Les surfaces de laminage seront conservées et les rives longitudinales de ces bandes ne seront pas arrondies ; l'acuité des angles seulement pourra être enlevée à la lime douce.

Les pliages doivent pouvoir s'effectuer jusqu'à ce que les branches du barreau d'essai deviennent parallèles, sans criques, ni rupture, et avec un écartement au plus égal à l'épaisseur du longeron.

Les essais de flexions et contreflexions par chocs seront effectués à titre de renseignement selon les indications fournies par l'agent et suivant les proportions indiquées ci-dessous.

Nonobstant la réception dans l'usine du fournissseur, celui-ci reste garant et responsable des longerons pendant une période de trois ans à partir de la date de la livraison.

Les longerons qui, pendant ce délai, présenteraient à la mise en œuvre ou en service des défauts ou des avaries imputables à la fabrication ou à la qualité des matières seront rendus au fournisseur et refacturés.

Chemins de fer de Paris a Lyon et a la Méditerranée. — Les tôles sont fabriquées au moyen de lingots d'acier laminés à des dimensions et à une épaisseur convenables.

Les lingots pour tôles sont en acier fondu sur sole obtenu par le procédé Martin-Siemens ou tout autre procédé reconnu équivalent par l'Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction de la Compagnie P.-L.-M.

Les fontes employées pour la fabrication de l'acier sont des fontes aciéreuses fabriquées avec des minerais de fer de première qualité, tels que les minerais magnétiques de Mokta-el-Hadid, les hématites de la Tafna, d'Espagne ou des Pyrénées, les fers spathiques des Pyrénées et des Alpes, les oligistes de l'île d'Elbe, etc., ou tous autres minerais similaires donnant des produits d'une qualité reconnue équivalente.

Les fers et les aciers employés concurrement avec les fontes pour la fabrication de l'acier proviennent exclusivement des fontes de la nature ci-dessus définie.

On exclut rigoureusement de la fabrication les fontes, fers ou aciers qui ne seraient pas de la provenance ci-dessus définie ou pour lesquels cette provenance ne serait pas clairement établie. On interdit notamment de la façon la plus absolue l'emploi, dans quelque proportion que ce soit, de fontes, fers ou aciers provenant soit de minerais oolithiques ou autres minerais phosphoreux, soit de mélanges contenant de ces mêmes minerais, quels que soient d'ailleurs les traitements que l'on fasse subir à ces fontes, fers ou aciers avant ou pendant la fabrication.

L'acier provenant d'un ou plusieurs fours est coulé dans une même poche de grande capacité et versé ensuite dans les lingotières ; celles-ci sont remplies d'un seul jet, avec rapidité, de façon à éviter les reprises et autant que possible les soufflures.

Digitized by Google

Chaque lingot doit avoir un poids suffisant pour donner lieu à une tôle. Aucune tôle ne peut être obtenue par la réunion de plusieurs lingots ou parties de lingots. Toute soudure est interdite.

Les tôles sortant des laminoirs sont appliquées aussi complètement que possible sur une surface parfaitement plane où on les laisse refroidir. Elles sont ensuite soumises au recuit ; les tôles d'une épaisseur inférieure à 3 mm. sont recuites lentement en vase clos, à la température du rouge cerise, celles d'une épaisseur supérieure à 3 mm. sont recuites par le procédé dit « à la volée ».

Dans ce procédé les tôles passent une à une sur la sole d'un four à recuire assez grand pour les réchauffer en une seule fois. Elles sont portées progressivement à la température du rouge cerise avancé et maintenues pendant quelques minutes à cette température ; pendant tout le temps de leur séjour dans le four à recuire, le feu doit être conduit de manière que les flammes soient constamment réductrices. Les tôles sont ensuite sorties du four et refroidies à l'abri de la pluie et des courants d'air sur des plaques bien dressées et tiédies. Toutes les dispositions sont prises pour que, pendant l'opération du recuit, les tôles conservent le degré de dressage aussi parfait que, possible obtenu au sortir des laminoirs.

Après refroidissement, les tôles pour longerons doivent être parfaitement planes.

Qualité du métal. — Les tôles sont de deux catégories différentes, selon l'emploi auquel elles sont destinées.

La catégorie est caractérisée par la ténacité et la ductilité du métal naturel et trempé, à froid et à chaud.

Le ténacité et la ductilité du métal dans ces diverses conditions sont constatées par trois sortes d'épreuves : 1° des épreuves à froid ; 2° des épreuves à chaud ; 3° des essais de trempe.

Epreuves à froid. — Les *épreuves à froid* ont pour but de déterminer la résistance à la rupture et la faculté d'allongement du métal, tant dans le sens du laminage (longueur) que dans le sens perpendiculaire au laminage (largeur).

Sauf dans les cas spéciaux où les tôles ne sont pas destinées à résister à des pressions ou à des efforts appréciables, et où par suite le nombre des épreuves peut être diminué, il est fait au moins une épreuve en long et une épreuve en travers, pour chaque tôle présentée à la réception. Chaque barrette est soumise à une charge initiale déterminée de manière à produire un effort de traction égal aux 8 10 de l'effort de rupture calculé d'après les données du tableau ci-après. Cette première charge est maintenue en action pendant une minute, à moins qu'au bout de ce laps de temps la barrette ne continue à s'allonger ; on attend, pour ajouter une charge, la fin de l'allongement.

Aucune barrette d'épreuve reconnue saine ne doit se rompre sous la charge initiale, quel que soit l'allongement correspondant, ni donner un allongement final inférieur aux 8 10 de l'allongement final moyen exigé, quelle que soit la charge de rupture correspondante.

ÉPAISSEUR EN MILLIMÈTRES	TÔLES DE 1re CATÉGORIE		TÔLES DE 2e CATÉGORIE	
	Charge moyenne minima.	Allongement final moyen minimum 0/0.	Charge moyenne minima.	Allongement final moyen minimum 0/0.
	Kilogr.		Kilogr.	
De 1 inclus à 2 exclus. . . .	»	»	47	10
De 2 — à 3 —	»	»	46	13
De 3 — à 4 —	»	»	45	16
De 4 — à 6 —	45	22	45	18
De 6 — à 8 —	42	25	43	21
De 8 — à 20 —	42	26	42	22
De 20 — à 33 inclus. . . .	40	26	42	22

Digitized by Google

Toutefois, il est accordé sur les charges de rupture moyennes minima une tolérance en moins pouvant aller jusqu'à 2 kilogrammes, pourvu que ce déficit soit compensé par un accroissement d'allongement, de telle sorte que la somme des charges de rupture et des allongements portés au tableau ne soit pas diminuée. Il n'est accordé aucune tolérance en moins sur les allongements, quelles que soient les charges de rupture.

L'*épreuve à chaud* consiste à exécuter avec un morceau de tôle de dimensions convenables une calotte hémisphérique avec bord plat conservé dans le plan primitif de la tôle.

En outre, on peut exiger, pour les tôles de plus de 5 mm. d'épaisseur, une deuxième épreuve consistant à confectionner avec un morceau de tôle de dimensions convenables une cuve à base carrée, à bords relevés d'équerre ; la base de cette cuve a pour côté 30 fois l'épaisseur de la tôle, et les bords, mesurés en dedans, ont pour hauteur 10 fois cette même épaisseur. Le fond de cette cuve est percé, au milieu, d'un trou circulaire, avec bords relevés perpendiculairement au plan du fond, et du côté opposé à celui des bords de la cuve. Le diamètre de ce trou mesuré intérieurement après travail fini est de 20 fois l'épaisseur de la tôle, et la hauteur du bord relevé est de 5 fois cette même épaisseur. Tous les angles sont arrondis : leur congé intérieur a pour rayon l'épaisseur de la tôle.

Les pièces ainsi exécutées avec toutes les précautions qu'exige le travail de l'acier ne doivent présenter ni gerçures, ni fentes, lors même qu'elles ont été réfroidies dans un courant d'air vif.

Les tôles dont l'épaisseur est supérieure à 18 mm. ne sont pas soumises à l'épreuve à chaud.

Pour les *essais de trempe*, on découpe dans les feuilles de tôles présentées à la réception des barreaux de 23 cm. de longueur sur 4 cm. de largeur, tant dans le sens du laminage que dans le sens du travers. Les rives longitudinales de ces barreaux ne sont pas arrondies; on tolère seulement que l'acuité des angles soit enlevée à la lime douce.

Ces barreaux sont chauffés uniformément, de manière à être amenés au rouge cerise un peu sombre, puis trempés dans l'eau à 20°. Ainsi préparés, les barreaux découpés dans des tôles de première ou de deuxième catégorie doivent pouvoir prendre, sous l'action de la presse, sans présenter des traces de rupture, une courbure permanente dont le rayon minimum, mesuré intérieurement, ne doit pas être supérieur à l'épaisseur du barreau expérimenté. Lorsqu'il s'agit de tôles de première catégorie, ces mêmes barreaux doivent pouvoir, sous l'action de la presse, et, sans présenter de traces de rupture, être pliés en deux, à plat, de manière que les deux moitiés soient complètement appliquées l'une sur l'autre

Les tôles, à quelque catégorie qu'elles appartiennent, doivent être parfaitement laminées, sans pailles, stries, gerçures, gravelures ou manques de matière ; leur épaisseur doit être aussi uniforme que possible ; elle ne doit en aucun point sortir des limites définies.

On refuse les tôles qui présentent des criques, fentes ou autres détériorations quelconques, soit pendant les épreuves, soit ultérieurement dans le travail de l'atelier, soit à l'épreuve des chaudières ou autres appareils construits avec ces tôles.

Délai de garantie. — Nonobstant les réceptions provisoire et définitive, le fournisseur est responsable des tôles pendant un délai de trois ans après la livraison.

Les tôles qui pendant ce délai de garantie présentent, soit pendant le travail à l'atelier, soit pendant les essais, des appareils construits avec ces tôles, soit enfin pendant que ces appareils sont en service, des défauts ou des avaries imputables à la fabrication ou à la qualité des matières, sont rebutées.

Chemin de fer de Paris à Orléans. — Les lingots d'acier provenant de fontes phosphoreuses traitées au Bessemer par le procédé dit de déphosphoration sont exclus de la fabrication des tôles P.O.2, P.O.3, P.O.4.

Les tôles d'acier et longerons devront être d'un métal doux à travailler à la lime et au

Digitized by Google

burin et pouvant être percé, cintré, embouti et rivé, suivant les usages ordinaires, sans se fendre ni se gercer.

La fabrication aura lieu, tant pour la coulée des lingots que pour le laminage, au moyen des meilleurs procédés en usage.

Les tôles et longerons en acier, après leur laminage, seront recuits au moyen d'un réchauffage au rouge cerise dans un four, suivi d'un refroidissement lent.

Ils seront parfaitement laminés et présenteront une surface plane, bien lisse, sans stries, gerçures, gravelures, manque de matière ou tout autre défaut pouvant nuire à leur aspect ou à leur emploi.

Il pourra être accordé sur les épaisseurs demandées, mesurées sur les bords, les tolérances suivantes :

Tolérances en plus.

1/10 à 1/20 proportionnellement aux épaisseurs pour tôles de 1 à 10 mm ;
1/10 pour tôles de 1 mm., soit 0,1 ;
1/20 pour tôles de 10 mm., soit 0,5 ;
1/20 pour tôles au-dessus de 10 mm. sans que cette tolérance puisse dépasser 1 mm.

Tolérances en moins.

1/10 à 1/24 proportionnellement aux épaisseurs pour tôles de 1 à 12 mm. ;
1/10 pour tôles de 1 mm., soit 0,1 ;
1/24 pour tôles de 12 mm., soit 0,5 ;
Pour tôles au-dessus de 12 mm. la tolérance en moins ne doit pas descendre au-dessous de 0,5.

Les tôles et longerons seront présentées à la réception recuits et non cisaillés.

La qualité de leur métal sera constatée au moyen d'épreuves par traction et par pliage à froid, et par des épreuves d'emboutissage à chaud.

Dans les *épreuves par traction*, le métal devra donner, pour chaque catégorie, soit dans le sens du laminage, soit dans le sens perpendiculaire à celui-ci, la résistance par millimètre carré de section, indiquée dans le tableau ci-dessous, ainsi que l'allongement pour cent et la diminution de section à l'endroit de la rupture ou striction pour cent indiqués dans ce même tableau, dont les nombres doivent être considérés comme des minimums.

MARQUE de catégorie.	DÉSIGNATION de la qualité.	qui doivent être obtenus dans les épreuves par traction.			SENS DU LAMINAGE dans lequel l'éprouvette est découpée.
		Résistance par millimètre carré de la section initiale.	Allongement pour 0/0.	Striction $\frac{SS'}{S} \times 100$.	
P. O. 1. . .	Extra-doux.	38 à 40	28	60	Long et travers.
P. O. 2. . .	Très doux.	40 à 45	28 à 25	60 à 55	Long et travers.
P. O. 3. . .	Doux.	45 à 50	25 à 20	50 à 45	Long et travers.
P. O. 4. . .	Demi-doux.	50 à 55	20 à 16	45 à 40	Long et travers.

Ces épreuves par traction seront faites au moyen d'éprouvettes de 200 mm. de longueur

Digitized by Google

utile, découpées à froid dans les tôles, ayant la même épaisseur que ces tôles et 25 mm. de largeur, avec faces brutes et champs polis.

Il sera fait ordinairement deux épreuves de traction, l'une en long et l'autre en travers, pour chaque tôle présentée à la réception pour les tôles des catégories 2 et 3.

Pour les tôles des catégories 1 et 4, les épreuves seront au nombre de deux, l'une en long, l'autre en travers pour chaque dizaine ou fraction de dizaine de tôles présentées à la réception, provenant d'une même fabrication, continuée en allure régulière telle que la constance et l'identité de la qualité puissent être considérées comme parfaitement assurées.

Pour les tôles de 3 mm. d'épaisseur et au-dessous, les épreuves par traction seront remplacées par *des épreuves de pliage à froid.*

Pour les tôles des catégories 1, 2 et 3, de plus de 3 mm. d'épaisseur, en outre des essais de traction, il pourra également être fait des essais de pliage à froid dont les conditions sont indiquées ci-après; les tôles devront pouvoir supporter ces essais sans qu'il se manifeste aucune crique ni gerçure.

MARQUE de catégorie.	DÉSIGNATION de la qualité.	TÔLES de 3 millimètres et au-dessus.	TÔLES d'épaisseur supérieure à 3 millimètres.	SENS DU LAMINAGE dans lequel l'éprouvette est découpée.
P. O. 1. . .	Extra-doux.	Pliage en double à bloc après trempe.	Pliage simple à bloc après trempe.	Long ou travers.
P. O. 2. . .	Très doux.	Pliage en double à bloc après trempe.	Pliage simple à bloc après trempe.	Long ou travers.
P. O. 3. . .	Doux.	Pliage simple à bloc sans trempe.	Pliage sans trempe. $R = 2\,e$.	Long ou travers.
P. O. 4. . .	Demi-doux.	Pliage simple sans trempe.	»	Long ou travers.

Les *épreuves de pliage* seront faites sur des bandes de 50 mm. de largeur, ayant la même épaisseur que les tôles à essayer et découpées à froid. Les arêtes ne seront pas arrondies; on tolérera seulement l'enlevage des bavures avec une lime douce.

Les épreuves d'emboutissage qui ne sont applicables qu'aux tôles de la deuxième catégorie, seront exécutées à chaud, à une température voisine du rouge cerise, en plusieurs chaudes si cela est nécessaire.

Elles consisteront :

1° Dans l'exécution d'une calotte sphérique avec bord plat conservé dans le plan primitif de la tôle;

2° Pour les tôles de plus de 5 mm. d'épaisseur, dans l'exécution d'une cuve à base carrée, à bords relevés d'équerre. Le fond de cette cuve sera percé au milieu d'un trou circulaire avec bords relevés.

Dans les épreuves d'emboutissage, exécutées avec tout le nécessaire, les tôles ne devront présenter ni fentes, ni gerçures.

Il pourra être fait une épreuve d'emboutissage par chaque dizaine ou fraction de dizaine de tôles de même épaisseur présentées à la réception.

Chemins de fer de l'État français. — Les longerons des locomotives et des tenders seront en acier fondu sur sole, par le procédé Martin-Siemens, au moyen de produits, fontes, fers, acier de première qualité. Chaque lingot devra être d'un poids tel qu'on puisse obtenir le longeron d'une seule pièce, après avoir retranché à la partie supérieure du lingot 1/3 du poids (33 p. 100) total du lingot.

Le longeron étant d'une seule pièce, aucune soudure ne peut être tolérée. Le contrôle vérifie les dimensions des chutes qui doivent être suffisantes pour permettre d'éviter

Digitized by Google

tout défaut sur les côtés ou les extrémités de la tôle, et poinçonne les parties où doivent être découpés les barreaux d'épreuve.

Après leur découpage, les longerons sont recuits pendant deux jours au rouge cerise et refroidis lentement à l'abri du contact de l'air.

Les longerons sont parfaitement dressés avant toute opération. Des barreaux d'épreuve à la traction en long et en travers prélevés dans les chutes doivent donner au minimum 42 kg. de résistance et 25 p. 100 d'allongement.

Des essais de ployage seront également effectués sur des bandes de métal découpées en long et en travers dans la tôle du longeron ; ces bandes seront de section rectangulaire dont l'épaisseur sera l'épaisseur même du longeron, et la largeur sera égale à deux fois et demi l'épaisseur ; les arêtes seront adoucies à la lime ; ces barrettes, chauffées au rouge clair et refroidies dans l'eau à 18°, devront pouvoir être ployées à froid de telle façon que les deux branches étant d'équerre, le congé intérieur ait un rayon égal à l'épaisseur de l'éprouvette, sans qu'il se manifeste aucune crique sur la partie enroulée.

Le travail des longerons est fait exclusivement à la machine-outil ; tout chauffage local est absolument interdit.

Midland Railway. — Les tôles des longerons, des traverses, etc., en acier Siemens-Martin supérieur, devront pouvoir supporter un pliage à bloc sans qu'il se produise de déchirure ; les éprouvettes de traction prélevées en long et en travers, devront supporter sans se rompre une charge de 42,5 kg. par mm² avec 37 p. 100 d'allongement.

London and South Western Railway. — Les tôles de longerons ainsi que les tôles servant à l'entretoisement des châssis, seront en acier doux Bessemer ou Siemens-Martin.

Qualité. — Les tôles d'acier doux seront exemptes de silicium de soufre, et de phosphore. La résistance à la traction du métal pourra varier de 38 à 47 kg. par mm² avec un allongement minimum de 23 p. 100 mesuré sur 264 mm. On essaie une tôle de chaque coulée.

Conditions de fabrication. — Les tôles seront obtenues par le laminage de lingots Bessemer ou Siemens-Martin fabriqués d'après les meilleures méthodes en usage et martelés sur toutes leurs faces puis réchauffés et laminés à une épaisseur uniforme. Les conditions sont d'ailleurs les mêmes que pour les tôles de chaudières.

283. Boîtes à huile et accessoires. — On emploie pour la confection de ces organes les matériaux les plus divers :

Boîtes à huile. — Les boîtes se confectionnent en fonte, en fer matricé, en acier moulé, en bronze. Les administrations françaises n'emploient que le fer et l'acier moulé. Les boîtes en fer sont cémentées et trempées. Aux États-Unis on emploie surtout la fonte et en Angleterre le bronze, bien que l'acier moulé commence à remplacer ce dernier alliage.

En ce qui concerne la réception des fers ou de l'acier moulé destinés à la fabrication des boîtes, des bronzes appelés à entrer dans la composition des boîtes ou seulement de leurs coussinets aussi bien que du régule dont on garnit le plus souvent la surface intérieure de ces coussinets, nous renvoyons au chapitre relatif aux matériaux usités pour la confection des organes du mécanisme où ce sujet a été traité.

Glissières des plaques de garde. — Ces glissières se font encore parfois en fonte, mais on préfère généralement le fer matricé, cémenté et trempé ou l'acier moulé. Même observation que plus haut.

Digitized by Google

Tiges de pression; balanciers de répartition et organes de la suspension. — Ces organes se font en fer ou en acier forgés; quelquefois en acier moulé. Même observation que ci-dessus.

284. Ressorts. — La fabrication des aciers pour ressorts a fait depuis quelques années, particulièrement en France, de grands progrès. Certaines usines sont en état de livrer des barres à grain extrêmement fin, parfois même à cassure fibreuse, donnant un allongement élastique qui peut dépasser 10 mm. par mètre.

CHEMINS DE FER DE L'OUEST. — Les barres d'acier à ressorts devront être en acier fondu parfaitement sain et homogène. Elles devront être laminées avec soin, être exemptes, après découpage, de criques, gerçures, pailles, repliures, manque de matière, soufflures ou autres défauts pouvant nuire à leur solidité ou à leur aspect.

Les rainures et nervures des barres d'acier qui en comporteront devront être nettement profilées et placées bien au milieu de la barre.

Le trou destiné au passage du boulon d'assemblage des ressorts devra être percé à la mèche; les bavures devront être soigneusement enlevées. L'assemblage des feuilles des ressorts devra être fait avec le plus grand soin; la nervure et la rainure des lames rainées devront s'emboîter exactement l'une dans l'autre.

Les brides, lorsque les ressorts en comporteront, seront emmanchées à chaud et devront être ajustées de façon à réunir les différentes lames constituant le ressort, aussi intimement que possible. Les ressorts devront être complètement exempts de gauche, c'est-à-dire que les lignes médianes de toutes les lames devront se trouver comprises dans un même plan perpendiculaire à l'axe de cintrage.

Les barres d'acier seront soumises aux essais ci-après, à raison de trois barres par lot et au moins trois barres par lot de 100 barres.

On prélèvera dans chaque barre choisie pour les *essais à la flexion* une lame de 1 mètre de longueur qui sera cintrée de manière à présenter (suivant son épaisseur) une flèche supérieure de 10 millimètres environ à la perte de flèche (sous charge) correspondant à l'allongement élastique demandé. Les pertes de flèche sont déterminées par la formule $f = \frac{Li}{6e}$ dont les termes sont définis plus loin. Le tableau ci-après donne, à titre d'exemple, les pertes de flèche correspondant à divers allongements élastiques pour quelques épaisseurs de barres d'acier à ressorts :

ÉPAISSEUR des barres d'acier.	PERTE DE FLÈCHE CORRESPONDANT A UN ALLONGEMENT DE						
	0,006	0,0065	0,007	0,0073	0,0075	0,0078	0,008
Millimètres.							
8	0,125	0,135	0,145	0,152	0,156	0,162	0,166
10	0,100	0,108	0,116	0,121	0,125	0,130	0,133
12	0,083	0,090	0.097	0,101	0,104	0,108	0,111
14	0,071	0,077	0,083	0,086	0,088	0,092	0,094

Cette lame trempée et recuite dans les conditions ordinaires de fabrication des ressorts, sera essayée à la flexion. A cet effet, on la fera reposer, la convexité et, dans le cas de lames rainées la nervure, tournée vers le haut, sur des supports libres, de façon à ne présenter, lors de l'aplatissement ou d'une contre-flexion, que 50 mm. de portée sur

Digitized by Google

chaque point d'appui ; puis on exercera en son milieu un effort tel qu'elle n'ait plus sous charge qu'une flèche de 10 mm. La flèche conservée par la lame d'essai, après enlèvement de la charge, sera prise comme flèche d'origine. La lame d'essai sera ensuite soumise en son milieu à l'action de charges croissant progressivement de 100 en 100 kg., puis de 50 en 50 kg. et ensuite par fractions allant successivement en diminuant à mesure que l'on approche de la limite élastique. On relèvera les pertes de flèche correspondant aux charges successives, de manière à déterminer aussi exactement que possible la charge à partir de laquelle la déformation permanente de la lame d'essai commencera à se produire. On admettra que la limite d'élasticité est dépassée lorsque l'on aura constaté une première perte de flèche permanente de 1 mm. La flèche obtenue, diminuée de 1 mm., servira à établir l'allongement élastique i[1] au moyen duquel on déterminera le module d'élasticité E[1] qui devra être compris entre 18. 000. 000 000 et 22. 000. 000. 000.

L'essai sera ensuite continué jusqu'à la déformation complète de la lame ou sa rupture, qui ne devra pas se produire avant qu'on ait obtenu une contre-flexion égale à la flèche de fabrication.

On prélèvera dans chaque barre choisie pour les *essais au choc* un morceau de 200 mm. de longueur qui sera trempé et recuit dans les conditions ordinaires du travail des ressorts.

Ce morceau, placé horizontalement sur deux couteaux espacés de 160 mm. reposant sur une chabotte en fonte de 3000 kg., sera soumis en son milieu au choc direct (sans interposition de chapeau entre la panne et le morceau d'essai) d'un mouton guidé pesant 50 kg. La panne du mouton devra être terminée par une partie cylindrique dont l'axe sera horizontal et dans le plan du guidage ; le développement de cette partie cylindrique devra être de 90°, son rayon sera de 30 mm.

Les arêtes des couteaux devront être parallèles au plan du guidage ; elles seront formées de deux faces raccordées par un arc de cercle de 2 mm. de rayon et faisant entre elles un angle de 45°.

La hauteur de chute du mouton est variable pour chaque type de barre avec la qualité.

Le tableau ci-après donne, à titre d'exemple, pour quelques types de barres d'acier à ressorts, les hauteurs de chute correspondant aux aciers ordinaires et aux aciers supérieurs :

SECTION des barres d'acier.	HAUTEUR DE CHUTE DU MOUTON DE 50 KILOGRAMMES	
	Aciers ordinaires supportant un allongement de 0,006 inclus à 0,007 inclus.	Aciers supérieurs supportant un allongement de 0,0073 inclus à 0,008 inclus.
60/8	0,350	0,450
90/8	0,550	0,650
90/10	0,900	1,100
125/10	1,300	1,500
90/11	1,100	1,300
90/12	1,300	1,550
125/12	1,900	2,200

[1] L'allongement élastique (i) et le coefficient d'élasticité (E) seront déterminés par les formules :

$$i = \frac{6\,ef}{L^2} \qquad E = \frac{6\,PL}{4ia\,e^3}$$

dans lesquelles :

P, représente la charge précédant immédiatement celle qui a déterminé une perte de flèche permanente de 1 mm.

f, la perte de flèche relevée sous cette charge P.

L, la longueur développée du morceau d'essai entre les deux appuis.

a, la largeur du morceau d'essai.

e, l'épaisseur du morceau d'essai.

Digitized by Google

Chaque morceau devra supporter au moins 3 coups de mouton sans se rompre et sans présenter aucune gerçure, crique, ni indice de rupture.

L'essai sera poussé jusqu'à la rupture, au besoin on entaillera le morceau à la lime pour la provoquer.

On prélèvera dans chaque barre choisie pour les *essais des rouleaux* un morceau de 500 mm. de longueur, avec lequel on confectionnera un rouleau semblable aux rouleaux des ressorts à la fabrication desquels les barres sont destinées.

Ce rouleau, trempé et recuit dans les conditions ordinaires du travail des ressorts, sera élargi à l'aide d'un mandrin ayant une conicité de 1/10e de millimètre ; la déformation obtenue devra être suffisante pour indiquer que le métal n'est pas cassant.

Tous les *ressorts finis* seront soumis à un essai de flexion sous charge. Ils devront subir cet essai avec balancement sans qu'il s'y manifeste de perte de flèche permanente et devront avoir la flexibilité exigée par 1 000 kg.

Toutefois, il sera accordé une tolérance de 2 mm. en plus ou en moins pour les ressorts ayant une flexibilité de 50 mm. par 1 000 kg. et au-dessous et de 3 mm. en plus ou en moins pour les ressorts ayant une flexibilité supérieure à 50 mm.

Pour effectuer cet essai, les deux extrémités des ressorts devront reposer sur deux petits chariots leur permettant de se déplacer aussi librement que possible sous les efforts de flexion agissant sur les ressorts.

Chemins de fer de l'Est. — Les barres d'acier destinées à la fabrication des ressorts sont de deux qualités, savoir :

1° Qualité dite « extra supérieure » ; 2° « qualité courante ».

Les commandes et marchés indiquent la qualité du métal, les formes et dimensions des barres telles qu'elles doivent être livrées.

Les dessins donnent les traces des sections.

Les surfaces seront lisses, sans criques, bavures, gales, manques de matière ou défauts d'aucune sorte susceptibles d'altérer leur résistance et la netteté du profil.

Les barres seront bien dressées dans toute leur étendue et les nervures et cannelures, si le type en comporte, seront bien profilées et au milieu de la largeur.

Les bouts seront cisaillés franchement et non égrenés.

Les profils, dimensions et position des nervures ou cannelures, les concavités des faces seront vérifiés au calibre.

Il est admis une tolérance en plus ou en moins de 1/2 mm. sur les largeurs et de 2/10 de millimètre sur les épaisseurs.

La longueur minima des barres ne sera pas inférieure à trois mètres. Celles sur lesquelles auront été prélevés les morceaux d'essai pourront être admises, si elles n'ont pas moins de deux mètres.

Le poids moyen par mètre courant sera relevé pour chaque type.

Toute barre portera à chacune de ses extrémités :

1° Le numéro de coulée ; 2° la marque de l'usine ; 3° le mois et l'année de fabrication ; 4° la marque distinctive du métal ; ces marques seront faites à chaud, très visibles, bien formées et auront uniformément 8 mm. de hauteur et 1 mm. de profondeur.

Essais. — Les essais ont lieu dans les proportions suivantes :

Epreuve de flexion.	une sur cinquante barres.
— d° — de traction.	une sur deux cents barres.
— d° — de choc	
— d° — de pliage.	

Le morceau d'essai, d'une longueur exacte de 1, 00 m., cintré sur une flèche de 100 mm., puis chauffé, trempé et recuit dans les conditions de la lame du ressort monté, sera placé après complet refroidissement sur les supports libres de l'appareil d'épreuve,

Digitized by Google

de façon que la portée sur chaque point d'appui ne dépasse pas 50 mm., la lame étant arrivée à l'applatissement.

Dans le cas d'acier à nervure, la partie saillante devra se trouver à l'extérieur de la lame cintrée.

Pendant toute la durée de l'expérience, le point d'application de l'effort sera maintenu exactement au milieu de la longueur de la lame.

Afin de permettre au métal d'acquérir son état moléculaire normal; la feuille sera préalablement soumise à une charge provoquant une flèche élastique de 50 mm., puis rendue libre; la flèche définitive initiale de cintrage sera ensuite exactement relevée et notée, et l'épreuve proprement dite commencera.

La lame sera chargée d'abord progressivement de 100 en 100 kg. On relèvera chaque fois, très exactement, la flexion prise sous la charge et, après enlèvement de celle-ci, on s'assurera s'il y a eu ou non perte de flèche permanente.

A l'approche de la limite élastique, la charge ne sera augmentée que par 50 kg., de façon à déterminer, le plus rigoureusement possible, la charge à partir de laquelle la déformation permanente de la lame commence à se produire.

Lorsqu'une première perte de flèche permanente de 1 mm. sera constatée, la limite de période élastique sera considérée comme dépassée. L'essai sera néanmoins continué jusqu'à déformation complète ou rupture de la lame, en notant, à titre de renseignement, les flèches prises sous des charges successives de 200 kg.

Pendant la période élastique, la lame restera en tension 2 minutes au minimum sous chaque charge partielle.

L'allongement élastique i de l'acier et le coefficient d'élasticité E seront déterminés par les formules suivantes :

$i = b\,e\,f$ (applicable seulement à l'étude de la période élastique); i — allongement élastique par mètre de longueur; e — épaisseur moyenne de la lame; f — flèche prise sous la charge *précédant immédiatement celle dont l'application a déterminé une perte de flèche permanente de 1 mm.*

$E = \frac{6\,PL}{4\,iqe^3}$; E — coefficient d'élasticité; P — charge en kilogrammes précédant immédiatement celle qui a déterminé une perte de flèche permanente de 1 mm.; L, longueur de la lame; a — largeur de la lame; e — épaisseur de la lame, i — allongement par mètre indiqué ci-dessus. (Toutes ces dimensions exprimées en *mètres*.)

L'allongement moyen élastique i doit être au minimum de 0, 0065 m. pour l'acier dit « extra supérieur » et de 0,0045 m. pour l'acier « qualité courante ».

Aucune lame isolée ne devra donner moins de 0, 009 m. pour l'acier dit « extra supérieur » et 0,004 m. pour l'acier « qualité courante ».

Les coefficients moyens d'élasticité E seront inférieurs à 20 milliards pour l'acier « extra supérieur » et à 25 milliards pour l'acier « qualité courante ».

Le morceau, d'une longueur d'environ 0, 200 m., trempé et recuit dans les conditions de la lame du ressort monté, sera placé sur deux appuis distants de 0, 100 m., reposant eux-mêmes sur la chabotte non élastique d'un mouton guidé de 50 kg.

La hauteur de chute sera déterminée pour chaque section d'acier par la formule : $H = \frac{S}{4}$.

H, hauteur de chute du mouton en centimètres, S, surface moyenne de la section en millimètres carrés.

Pour les deux qualités d'acier, chaque morceau devra supporter, sans crique ni rupture, au minimum six chocs, dont trois appliqués sur une face, les trois autres, de même intensité, donnés sur la face opposée du morceau retourné.

L'essai pourra être poursuivi de même façon jusqu'à rupture, ou bien les morceaux entaillés et cassés, au choix de l'agent réceptionnaire.

La section devra présenter un grain fin bien homogène, avec arrachements fibreux, sans indice de défaut quelconque, ni rupture sèche.

Digitized by Google

Le morceau de 200 mm. de longueur, non trempé mais recuit, devra subir une série de pliages.

Les morceaux destinés aux essais par traction seront préalablement recuits, puis découpés entièrement à froid au moyen de machines-outil, sans aucun travail à chaud.

Le barreau pour essai de traction aura entre têtes une partie calibrée de 200 mm. de longueur et la section de cette partie calibrée représentera un rectangle dont un des côtés aura 20 mm. et l'autre l'épaisseur de l'acier.

Les allongements seront déterminés pour chaque section de barreau d'essai par la formule : $l = \sqrt{100\ S.}$

l, distance entre repères ; S, surface de la section soumise à l'essai.

Ces essais permettront de constater si, pendant le cours d'un même marché ou d'une même commande, les résultats sont sensiblement les mêmes et s'ils caractérisent bien l'uniformité de la matière et la régularité de la fabrication.

Chemins de fer de Paris a Orléans. — La fourniture comprend deux espèces d'acier qui sont définies spécialement par les épreuves indiquées ci-dessous.

L'acier sera de la meilleure qualité pour l'emploi, à grain fin, homogène, d'une dureté parfaitement régulière dans toutes les parties des barres et d'une qualité bien uniforme pour toutes les livraisons. De plus, l'acier devra pouvoir prendre facilement la trempe convenable à une température voisine du rouge cerise.

L'acier sera fabriqué par les meilleurs procédés connus.

Les barres seront laminées avec le plus grand soin et auront leurs surfaces parfaitement nettes et unies.

Elles seront exemptes de criques, fentes, pailles, manques de matières ou autres défauts quelconques pouvant nuire à leur solidité.

La qualité de l'acier sera constatée au moyen d'épreuves à froid par flexion.

Ces épreuves seront faites avec des lames brutes, de la même section que les barres trempées et recuites dans les mêmes conditions que les lames de ressorts.

Dans ces épreuves, les lames reposant sur deux couteaux, fixés à une distance invariable l'un de l'autre, seront chargées normalement, au milieu de l'intervalle des points d'appui, et on tracera au compas les flèches qu'elles prennent en ce milieu sous des charges croissant régulièrement.

La limite d'élasticité étant dépassée dès que les flèches ne sont plus proportionnelles aux charges, les accroissements de charge seront faibles lorsqu'on approchera de cette limite afin d'obtenir, avec toute l'exactitude possible, la flèche après laquelle commence la déformation permanente.

Cette flèche ainsi obtenue servira à déterminer l'allongement élastique maximum α au moyen de la formule $\alpha = 1{,}5\ \frac{h}{l^2} \times y$, dans laquelle h représente l'épaisseur de la lame, l la demi-longueur entre les points d'appui et y la flèche au milieu.

Dans les épreuves par flexion, l'acier de qualité supérieure devra donner un allongement élastique de sept millièmes (0,007) en moyenne et de six millièmes et demi (0,0065) au minimum, et l'acier de qualité ordinaire devra donner un allongement élastique de (0,006) six milièmes en moyenne et de (0,0055) au minimum.

Les lots pour lesquels les épreuves sont faites seront rebutés quand on trouvera, même pour une seule lame, un allongement élastique moindre que les minima indiqués ci-dessus.

Il sera fait ordinairement trois épreuves par flexion pour chaque centaine de barres de même section, présentées à la réception, en prenant les lames d'épreuves dans les barres paraissant les moins bonnes.

Les lames d'épreuves pourront avoir deux cents millimètres (200 mm.), quatre cents millimètres (400 mm.) ou un mètre (1 m.) de longueur utile, selon la disposition de la machine d'essai et la section des barres, afin de permettre d'apprécier exactement les charges et les flèches.

Digitized by Google

En outre des épreuves par flexion, il pourra être fait un même nombre d'épreuves par traction sur des éprouvettes non trempées de deux cents millimètres de longueur utile, découpées à froid dans les barres, ayant la même épaisseur que ces barres et vingt-cinq millimètres de largeur.

Dans ces épreuves par traction, l'acier de qualité supérieure devra donner une résistance à la rupture d'au moins quatre-vingt-dix kilogrammes par millimètre carré de section avec un allongement de douze pour cent au minimum et de plus une diminution de section à l'endroit de la rupture ou striction, de trente pour cent au moins, et l'acier de qualité ordinaire devra donner au moins soixante-quinze kilogrammes de résistance par millimètre carré de section, quinze pour cent d'allongement et trente-cinq pour cent de striction.

CHEMINS DE FER DE L'ETAT FRANÇAIS. — Toutes les barres provenant d'une même coulée sont soumises à l'agent des chemins de fer de l'Etat avant tout travail. Ces barres sont visitées avec soin, elles ne doivent présenter aucun défaut de laminage, pailles, criques, etc., pouvant nuire à leur aspect ou à leur solidité ; les dimensions, le profil sont exactement ceux indiqués par les dessins.

Les barres ayant été coupées à la longueur nécessaire, les extrémités des feuilles sont amincies pour arriver au profil indiqué sur les dessins ; les barres sont ensuite ébarbées et assemblées parfaitement. Il sera néanmoins accordé pour la fabrication une tolérance de deux dixièmes de millimètre en plus sur l'épaisseur et la largeur des feuilles (rien en moins) et de 1, 5 mm. par mètre en plus ou en moins sur la longueur des feuilles.

Les lames des ressorts, en dehors des brides, seront réunies par un rivet en acier.

Le trou destiné au passage du rivet d'assemblage sera percé avec soin, à la mèche, exactement au milieu de la largeur et de la longueur de chaque feuille et rigoureusement à la cote du rivet.

La fabrication doit être conduite avec assez de soin pour que tous les ressorts de même type puissent être substitués les uns aux autres, et pour que toutes les parties du ressort puissent être substituées aux parties similaires des autres ressorts semblables ; tous les ressorts seront d'une régularité parfaite.

Essai des barres. — La ténacité, l'allongement et l'élasticité du métal seront constatés par trois épreuves à froid : deux à la traction et une à la flexion. Sur chaque série de vingt-cinq barres, il sera prélevé une barre pour ces essais qui se feront de la manière suivante :

Epreuves à la traction. — Deux éprouvettes seront essayées à la traction, l'une trempée et recuite comme les lames de ressorts, et l'autre non trempée.

Epreuves à la flexion. — On prendra dans la barre prélevée un morceau de un mètre de longueur que l'on cintrera en lui donnant une flèche de 100 mm.

Ce morceau sera ensuite trempé et recuit dans les meilleures conditions d'un ressort fabriqué, puis posé par ses extrémités sur des supports à chariots et soumis en son milieu à l'action d'un poids $P = \frac{4M_\alpha}{eL}$ [1] suffisant pour déterminer des effets de flexion

[1] Dans les formules relatives aux ressorts à lames, les lettres ont les significations suivantes :
P, charge à appliquer au milieu des ressorts ou des feuilles pour les essais ;
L, demi-longueur développée du ressort ou des feuilles détachées entre les points d'appui ;
L', demi-longueur de la partie prismatique de la dernière feuille ;
n, nombre total de feuilles composant le ressort ;
n' nombre de feuilles de longueur 2 L et non amincies ;
e, épaisseur des feuilles ;
α, allongement de l'acier ;
f, perte de flèche sous la tension P ;
M, moment d'élasticité $= \frac{E\,ae^3}{12}$;
E, coefficient d'élasticité $= 20{,}000{,}000{,}000$;
a, largeur des feuilles.

Digitized by Google

correspondant à un allongement de fibres de sept millimètres et demi (0,0075) par mètre.

La rainure de l'acier devra se trouver sur la face concave, de façon que la languette saillante travaille toujours à la compression.

Après cette première flexion, la perte de flèche permanente ne devra pas être supérieure à un centième de la perte de flèche correspondant à l'allongement exigé.

Chargée de nouveau de la même quantité et déchargée ensuite, la barre ne devra plus accuser de nouvelle perte de flèche.

La charge sera ensuite augmentée progressivement jusqu'à la rupture, qui ne devra avoir lieu que sous un effort au moins double de la charge d'épreuve.

La flèche f donnant l'allongement d'une barre isolée sera déterminée par la formule suivante :

$$f = \frac{2}{3} \times \frac{L^2 a}{e}$$

285. Essieux. — On n'a d'abord employé que le fer à la confection des essieux, mais, depuis une vingtaine d'années, l'acier a peu à peu remplacé ce métal, dans certains pays, en France par exemple, d'une manière complète et générale, aussi bien pour les essieux coudés que pour les essieux droits. En Angleterre, l'acier est aussi généralement adopté, mais quelques Compagnies continuent à employer le fer, tout au moins pour les essieux coudés qu'elles fabriquent dans leurs propres ateliers avec des fers de ferrailles. Aux États-Unis, on emploie encore le fer beaucoup plus que l'acier.

Les administrations françaises stipulent que les essieux seront fabriqués avec des aciers fondus sur sole et interdisent l'emploi de fers, fontes ou aciers provenant de minerais phosphoreux ainsi que de tout métal basique.

Quelques-unes exigent que les essieux coudés soient confectionnés en acier fondu au creuset. Elles prescrivent des essais de différents genres donnant toute garantie sur la qualité du métal employé et dont les extraits ci-dessous de cahiers des charges pourront donner une idée.

A l'étranger on emploie parfois l'acier Bessemer.

286. Essieux droits. — Nous donnerons comme exemple quelques extraits des cahiers des charges pour la fourniture des essieux droits de machines et de tenders.

Chemins de fer de l'Ouest. — Les parties des essieux devant rester brutes de forge seront parées avec soin ; les portées de calage et les fusées seront ébauchées sur le tour ; les centres seront faits au tour sur les extrémités des essieux.

Il sera accordé une tolérance de 1 mm. en plus sur le diamètre des parties non tournées ; il ne sera admis aucune tolérance en moins.

Le métal des essieux devra être sain, exempt de pailles, criques, fissures, repliures, manque de matières ou autres défauts pouvant nuire à la solidité des essieux ou à leur aspect.

Un essieu par coulée et au moins un par chaque lot ou fraction de lot de 1 à 25 essieux provenant d'une même coulée, sera soumis aux essais indiqués ci-après :

Pour l'essai au choc, l'essieu, placé sur deux appuis espacés de 1,50 m. reposant sur une chabotte en fonte de 10000 kg., sera soumis en son milieu aux chocs d'un mouton

Digitized by Google

guidé pesant 1000 kg. tombant d'une hauteur de 10 m., et plié jusqu'à ce qu'il se produise un allongement de 1/10 de la fibre extérieure mesurée sur une longueur de 200 mm. repérée au milieu de l'essieu ; l'essieu, retourné en sens inverse et soumis à des chocs de la même importance, devra pouvoir être redressé sans se rompre ni laisser paraître aucune crique ou gerçure.

Une éprouvette cylindrique de 16 mm. de diamètre et de 200 mm. de longueur utile, découpée à froid dans l'une des portées de calage, sera essayée à la traction ; la charge de rupture sera d'au moins 50 kg. par m². de section et l'allongement d'au moins 20 0/0, mesuré dans les 100 mm. comprenant le point de rupture.

Toutefois, il sera admis une tolérance de 2 kg. en moins sur la charge de rupture, à la condition que chaque kilogramme en moins de 50 kg. soit compensé respectivement par 1 0/0 d'allongement en plus de 20 0/0.

De même, il sera admis une tolérance de 2 0/0 en moins sur l'allongement, à la condition que chaque centième d'allongement en moins de 20 0/0 soit compensé respectivement par 1 kg. de charge de rupture en plus de 50 kg.

Une éprouvette de 40 mm. de largeur et de 15 mm. d'épaisseur sera découpée dans l'essieu. Cette éprouvette, chauffée au rouge sombre (visible dans l'atelier) et plongée dans l'eau ayant une température de 10 à 20° centigrades, ne devra pas prendre la trempe et devra pouvoir être pliée jusqu'au parallélisme des deux branches, sous un arrondi d'un rayon intérieur égal au double de son épaisseur, sans qu'il se manifeste ni crique, ni indice de rupture.

Les essieux seront l'objet de deux réceptions : la première réception sera faite dans les ateliers des fournisseurs ; la deuxième réception aura lieu à l'époque où les essieux auront effectué un parcours de 200 000 km. Toutefois la durée de cette garantie n'excédera pas les 8 années qui suivront la date de la livraison.

Chemins de fer de Paris a Lyon et a la Méditerranée. — Les lingots pour la fabrication des essieux sont en acier fondu sur sole fabriqué par les procédés Martin-Siemens ou Martin-Pernot.

Les fontes employées pour la fabrication de l'acier sont des fontes aciéreuses fabriquées exclusivement avec des minerais de fer de première qualité, tels que les minerais magnétiques de Mokta-el-Hadid, les hématites de la Tafna, d'Espagne ou des Pyrénées, les fers spathiques des Pyrénées et des Alpes, les oligistes de l'île d'Elbe, etc..., ou tous autres minerais similaires donnant des produits d'une qualité équivalente.

Les fers et les aciers employés concurremment avec les fontes pour la fabrication de l'acier proviennent exclusivement de fontes de la nature ci-dessus définie.

On exclut rigoureusement de la fabrication les fontes, fers ou aciers qui ne seraient pas de la provenance ci-dessus définie ou pour lesquels cette provenance ne serait pas clairement établie. On interdit notamment de la façon la plus absolue l'emploi, dans quelque proportion que ce soit, des fers, fontes ou aciers provenant, soit de minerais oolithiques ou autres minerais phosphoreux, soit de mélanges contenant de ces mêmes minerais, quels que soient d'ailleurs les traitements que l'on fasse subir à ces fontes, fers ou aciers, avant ou pendant la fabrication.

Le mode de coulée à la poche est le seul admis à l'exclusion de la coulée dite « à la baguette » et de tout autre mode de coulée. La poche doit pouvoir contenir au moins douze tonnes d'acier.

L'acier provenant d'un ou plusieurs fours est versé dans la poche d'où il est coulé dans les lingotières, d'un seul jet, avec rapidité, et en évitant les reprises.

Chaque coulée provenant soit de la charge d'un four unique, soit du mélange des charges de deux ou plusieurs fours versées et mélangées dans une même poche de coulée, reçoit un numéro d'ordre qui est poinçonné sur chacun des lingots qui en proviennent : ce numéro est reproduit sur tous les essieux fabriqués avec ces lingots.

La section moyenne des lingots est déterminée pour chaque type d'essieu, de telle

Digitized by Google

façon qu'elle soit au moins six fois plus forte que la plus grande section de l'essieu le plus gros étiré dans chaque lingot, sans tenir compte toutefois de la section des cordons.

Les lingots refroidis et démoulés sont réchauffés, puis forgés et étirés au marteau-pilon pour les transformer en rondins; l'opération se fait sous un marteau pilon d'au moins dix tonnes. Dans le cours de cette opération, on enlève à la gouge à chaud ou au burin à froid toutes les criques, pailles, replis et autres défauts superficiels qui peuvent nuire à la qualité et à l'aspect des essieux.

Lorsque l'étirage des rondins est terminé, on prélève 5 0/0 à l'extrémité de chacun d'eux correspondant au pied du lingot et 35 0/0 à l'extrémité correspondant à la tête. Les 60 0/0 restants sont seuls utilisés à la fabrication des essieux.

La partie utilisable des rondins est elle-même divisée en tronçons capables de fournir chacun un essieu.

Les tronçons acceptés sont dépaillés avec soin au burin pour enlever les criques, pailles et autres défectuosités; ils sont ensuite réchauffés et forgés sous un marteau pilon de trois à quatre tonnes environ pour être transformés en ébauches puis en essieux finis de forge.

Chaque essieu brut, sans exception, doit porter à chaque bout une rondelle faisant corps avec lui. Les rondelles saignées à une distance convenable de l'extrémité de l'essieu sont détachées par chocs en présence du contrôleur de la Compagnie. Les cassures ainsi obtenues doivent présenter une section rectangulaire concentrique au pourtour de l'essieu, d'un diamètre au moins égal à 45 mm. et une texture, à grain fin, avec arrachements, sans défauts ni soufflures.

Tous les essieux sont soumis à un recuit qui est effectué dans les conditions suivantes :

Les essieux posés sur la sole d'un four à recuire, en nombre assez restreint pour permettre de les rouler et de les chauffer également et uniformément, sont portés lentement à la température rouge orange clair. Pendant ce temps, l'allure du four doit être régulière et l'atmosphère constamment réductrice. La température convenable étant atteinte, elle est maintenue pendant quelques minutes, puis la porte du foyer est ouverte et les essieux restent dans le four jusqu'à ce qu'ils soient descendus à la température du rouge cerise foncé. A ce moment, ils sont rapidement défournés, empilés et refroidis sous des tôles à l'abri de la pluie et des courants d'air ou sous une couche de sable ou de scories.

A la place du mode de recuit précédent on pourra adopter le suivant :

Les essieux, posés sur le sole d'un four à recuire, sont portés lentement à la température du rouge orange clair. Pendant ce temps, l'allure du four doit être régulière et l'atmosphère constamment réductrice. La température convenable étant atteinte, elle est maintenue pendant dix à quinze minutes, puis les essieux sont refroidis rapidement jusqu'au rouge sombre. A partir de ce moment, le refroidissement se fait lentement, de manière que les essieux ne soient complètement refroidis qu'au bout de deux ou trois jours.

Après le recuit, les essieux sont redressés à la presse et on procède alors aux essais de réception ci-après.

Les agents de la Compagnie chargés de la réception choisissent dans chaque lot présenté à la réception :

1 essieu par lot de vingt-cinq essieux ou moins ;

2 essieux par lot de vingt-six à cinquante essieux ;

3 essieux par lot de cinquante-un à soixante-quinze essieux ;

Et ainsi de suite, le nombre des essieux soumis à l'essai croissant de un, quand le nombre d'essieux livrés croît de vingt-cinq.

Les essieux choisis pourront être soumis en tout ou en partie aux épreuves suivantes :

Epreuve au choc. — L'essieu à essayer est placé sur deux points d'appui espacés de 1,500 m. reposant sur une chabotte en fonte de 10 000 kg. qui repose elle-même sur un

Digitized by Google

massif de maçonnerie de un mètre d'épaisseur et de 3,30 m² de surface à la base, il est soumis à des chocs de 5 000 kgm. d'intensité produits par un mouton frappant sur l'essieu, au milieu de l'intervalle des points d'appui. La panne du mouton a la forme d'un cylindre horizontal ayant 100 millimètres de rayon.

Les chocs sont répétés jusqu'à ce que l'allongement des fibres qui travaillent le plus soit de : $12 \times \frac{130}{D}$ pour cent de la longueur primitive, D étant le diamètre de l'essieu au milieu du corps, exprimé en millimètres; cet allongement est mesuré sur une longueur de (200 mm.), (100) mm. de chaque côté du milieu de l'essieu), au moyen d'une lame flexible en acier.

Afin de ne pas dépasser l'allongement d'épreuve, on doit diminuer, s'il en est besoin, la hauteur de chute du mouton dans le dernier ou les deux derniers coups nécessaires pour arriver à l'allongement indiqué ci-dessus.

L'essieu, une fois plié, doit pouvoir être redressé complètement par des coups de mouton semblables à ceux qui ont effectué le pli et en nombre au moins égal, sans qu'il se manifeste ni crique ni rupture.

Suivant les indications du contrôleur chargé de la réception, l'épreuve ci-dessus est poursuivie de la même façon jusqu'à rupture, ou bien l'essieu est incisé au milieu et rompu pour l'examen de la texture qui doit apparaître homogène, à grain fin et serré avec arrachements, sans défauts ni soufflures.

Epreuve par traction. — Dans l'un des tronçons de l'essieu, vers la section la moins fatiguée par l'épreuve précédente et aussi près que possible de la surface, il est découpé et ajusté entièrement à froid, un barreau d'épreuve prismatique ou cylindrique de deux cents millimètres de longueur et de cinq cents millimètres carrés de section.

Ce barreau d'épreuve est soumis, au moyen de poids agissant directement ou par l'intermédiaire de leviers, à des efforts de traction croissant jusqu'à ce que la rupture ait lieu.

La charge initiale par millimètre carré de la section primitive est de quarante kilogrammes. Cette première charge est maintenue en action pendant au moins cinq minutes. Des charges additionnelles, équivalentes à autant de fois cinq cent grammes qu'il y a de millimètres carrés dans la section primitive du barreau, sont ensuite placées à des intervalles de temps sensiblement égaux et d'environ une minute. On note pour chaque charge, l'allongement correspondant, mesuré sur la longueur de deux cents millimètres.

La charge de rupture, en kilogrammes, par millimètre carré de la section primitive ne doit pas être inférieure à 45 kilogrammes.

L'allongement correspondant ne doit pas être inférieur à vingt-cinq pour cent.

Peuvent être cependant acceptés, par tolérance, des essieux ayant un allongement compris entre vingt cinq et vingt pour cent, pourvu qu'à chaque unité au-dessous de vingt-cinq pour cent corresponde un kilogramme au moins de résistance à la rupture au-dessus de quarante-cinq kilogrammes

Si les essieux essayés ne satisfont pas à toutes les conditions précédentes, les lots correspondants sont refusés.

Finissage. — A moins d'indications contraires sur la soumission, les commandes ou les dessins, les essieux sont livrés ébauchés ainsi qu'il suit :

Le corps de l'essieu reste brut de forge ; ses dimensions sont exactement conformes aux cotes des dessins remis au fournisseur.

Les portées de calage et les portées des poulies d'excentriques sont ébauchées au tour à des diamètres excédant de huit millimètres ceux indiqués par les dessins ; les entailles des clavettes ne sont pas faites par le fournisseur.

Les fusées avec leurs embases et leurs raccords sont ébauchées au tour à des diamètres excédant de cinq millimètres ceux qui sont portés sur les dessins ; la longueur des fusées ébauchées est inférieure de cinq millimètres à celle qu'indiquent les dessins, de cette

Digitized by Google

façon, il reste à enlever partout une épaisseur de métal de deux millimètres et demi pour amener les fusées avec leurs embases et leurs raccords aux cotes exactes des dessins ; néanmoins, l'écartement des axes des fusées est exactement égal à celui qui est indiqué par les dessins ; cet écartement est vérifié au calibre et ne comporte aucune tolérance.

La longueur totale des essieux dépasse celle qui est indiquée sur les dessins : de douze millimètres pour les essieux de machines locomotives et de quatre millimètres pour les essieux de tenders. Cette augmentation de longueur est répartie par moitié sur la largeur des collets des deux portées de calage ; toutes les autres longueurs restent conformes aux cotes des dessins.

Les faces des extrémités des essieux sont dressées au tour : les trous des pointes de tour sont conservés aux deux extrémités de l'essieu, ils sont faits de façon qu'après la mise à longueur des axes, ils aient au moins vingt millimètres de profondeur.

Conditions diverses. — Les essieux doivent être exempts de criques, pailles, manques de matière ou autres défauts pouvant nuire à leur solidité ou à leur apparence.

Chaque essieu porte la marque de fabrique du fournisseur, le numéro du mois et les deux derniers chiffres du millésime de l'année de fabrication.

Ces inscriptions, gravées à froid, sont conformes, pour le libellé, pour la position occupée sur l'essieu, pour les formes et dimensions, et notamment pour la profondeur des caractères, aux indications du dessin remis par la Compagnie au fournisseur.

Réception définitive. — La réception définitive des essieux a lieu à leur arrivée dans les magasins de la Compagnie ou dans les ateliers où ils sont mis en œuvre, par les soins de l'ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie qui peut refuser et faire remplacer, aux frais du fournisseur, tous les essieux qui ne seraient pas conformes aux prescriptions du présent cahier des charges. Nonobstant les réceptions provisoire et définitive, les essieux qui, dans un délai de quatre années à partir de la livraison, présentent à la pose ou en service des défauts ou des avaries imputables à la fabrication sont rebutés.

Si les défauts constatés à la pose ou en service indiquent un vice général dans la qualité du métal ou dans la fabrication, la Compagnie a le droit de rebuter tous les essieux faisant partie de la même fourniture ; ces essieux sont alors refacturés au fournisseur à leur prix d'achat, et il est statué à leur égard comme il vient d'être dit pour les essieux rebutés à la pose, sans préjudice des dommages et intérêts que la Compagnie se réserve en outre de réclamer au fournisseur, s'il y a lieu.

Parcours normal. — Le fournisseur est responsable des essieux pendant un parcours de (300,000) trois cent mille kilomètres.

Chemin de fer de Paris a Orléans. — Les essieux droits seront en acier de qualité supérieure, fondu sur sole, d'une structure parfaitement homogène, à grain fin et sans aucun défaut.

Les lingots devant servir à leur fabrication devront comprendre plusieurs essieux et être suffisamment affranchis pour faire disparaître toutes les soufflures.

Les essieux seront corroyés et étampés au marteau-pilon. Après forgeage, ils seront recuits au moyen d'un réchauffage au rouge cerise suivi d'un refroidissement lent dans le four à recuire.

Ils devront être exempts de criques, pailles, gerçures ou autres défauts quelconques pouvant nuire à l'apparence ou au bon service.

La qualité du métal sera constatée au moyen des épreuves ci-après :

Epreuve par traction. — Ces épreuves seront faites avec des éprouvettes de (200 mm.) deux cents millimètres de longueur utile et d'environ (16 mm.) seize millimètres de diamètre, découpées à froid dans la partie inférieure de la chute supérieure d'un lingot étiré à un diamètre légèrement plus grand que celui des essieux qu'il doit fournir.

Digitized by Google

Dans ces épreuves, le métal devra donner au moins une résistance à la rupture de quarante-cinq à cinquante kilogrammes (45 à 50 kg.) avec un allongement de vingt-deux à vingt pour cent (22 à 20 p. 100) et de plus une diminution de section à l'endroit de la rupture ou striction de cinquante-cinq à cinquante pour cent (55 à 50 p. 100).

On prendra ordinairement pour chaque coulée deux éprouvettes à la circonférence et une au centre.

Une cassure à froid d'environ quatre-vingts millimètres (80 mm.) de diamètre, devra toujours être faite entre la chute supérieure d'un lingot et le premier essieu pour montrer la texture du métal. Cette cassure devra présenter de nombreux arrachements.

Epreuves par choc. — En outre des épreuves par traction, une épreuve par choc pourra être faite sur un essieu par coulée.

Dans cette épreuve, les portées de calage reposant sur deux points d'appui non élastiques, maintenus à un mètre cinq cents millimètres d'écartement sur une chabotte pesant au moins 10 tonnes, le corps de l'essieu sera frappé au milieu de sa longueur, par un mouton de mille kilogrammes, sous une hauteur de chute suffisante pour obtenir en 5 à 7 coups une flexion telle que les fibres qui travaillent le plus soient allongées de douze pour cent.

Après cette flexion, l'essieu devra pouvoir être redressé complètement par un même nombre de coups sans se rompre ni se criquer.

Le corps de l'essieu sera ensuite entamé à la tranche et cassé pour montrer la texture du métal ; la cassure devra présenter de nombreux arrachements.

En outre, des épreuves à l'acide pourront être faites pour permettre de constater que la matière est bien homogène et sans défaut.

Les essieux qui présenteront, soit pendant le travail à l'atelier, soit en service, des défauts imputables à la fabrication et pouvant nuire à leur emploi seront refusés.

En outre, tous les essieux seront garantis pour un parcours de deux cent mille kilomètres à effectuer dans un délai de quatre ans à partir du jour de leur livraison ; si, à l'expiration de ce délai, le parcours n'était pas effectué, la garantie cesserait de plein droit.

Chemins de fer de l'État français. — Les essais de réception des essieux fournis auront lieu à raison de :

Un essieu par lot de vingt essieux semblables ou fraction de vingt essieux.

L'essai consistera : 1° à placer l'essieu sur deux points d'appui invariables dont l'écartement sera maintenu à 1,500 m. durant toute l'opération; 2° à le ployer en le frappant en son milieu avec un mouton de 500 kg. tombant de 3,600 m. de hauteur.

La flèche à donner correspondra à un allongement de 1/15 de la fibre extrême mesurée sur une longueur initiale de 200 millimètres.

Afin de ne pas dépasser l'allongement d'épreuve, on devra diminuer, s'il en est besoin, la hauteur de chute du mouton pour les coups qu'il peut être nécessaire de donner au delà des nombres de coups ci-dessous spécifiés.

L'essieu, une fois ployé devra pouvoir se redresser complètement sans qu'il se manifeste ni crique, ni rupture. Ce redressement devra être déterminé par des coups de mouton semblables, et en nombre au moins égal à ceux qui auront produit la flèche.

L'essieu ayant été complètement redressé, on fera à froid une incision au milieu de la longueur et sur la moitié de la circonférence et on rompra l'essieu. La cassure devra montrer une matière parfaitement régulière, homogène et exempte de défauts.

Le nombre de coups de mouton à pleine hauteur, nécessaires pour obtenir l'allongement spécifié, ne devra pas être inférieur à :

5	pour les essieux	de 0,130	à 0,140	de diamètre au corps:
6	—	de 0,141	à 0,160	—
8	—	de 0,161	à 0,180	—
10	—	de 0,181	ou plus	—

Digitized by Google

Quand le poids d'un mouton d'essai ne sera pas exactement de cinq cents (500) kilogrammes, on pourra néanmoins en tolérer l'emploi, mais en modifiant la hauteur de chute, de telle sorte que, en multipliant cette hauteur par le poids du mouton, on obtienne toujours un produit de mille huit cents (1,800) kilogrammètres.

On découpera ensuite à froid, dans l'une des portées de calage et suivant l'axe de l'essieu, une éprouvette à la traction qui sera terminée au tour et devra donner au minimum 45 kg. de résistance par mm² 22 p. 100 d'allongement mesurés sur 200 mm. de longueur.

Dans le cas où les essieux prélevés pour essai sur un lot n'auraient pas tous satisfait aux conditions ci-dessus, le lot entier sera refusé.

London and South Western Railway. — Tous les essieux doivent être en acier fondu Vickers de qualité supérieure et chaque essieu doit porter le nom du fournisseur et la date de fabrication.

Les éprouvettes de traction doivent donner une résistance à la rupture comprise entre 44 et 50 kg. par mm² avec un allongement minimum de 25 p. 100 mesuré sur 51 mm. Un barreau de 31 mm. de côté doit pouvoir être replié à bloc sur lui-même sans qu'il se manifeste aucune trace de déchirure.

Midland Railway. — La résistance à la traction des essieux droits, en acier Martin-Siemens supérieur, devra être au minimum de 50 kg. par mm² avec 33 p. 100 d'allongement. Le métal devra pouvoir supporter un pliage à bloc à froid sans qu'il se manifeste de trace de déchirure.

287. Essieux coudés. — Nous donnerons quelques exemples des prescriptions stipulées par quelques Compagnies françaises pour la fabrication et la réception des essieux coudés.

Chemins de fer de l'Ouest. — L'acier employé pour la fabrication des essieux coudés ne pourra provenir que des usines spécialement agréées par la Compagnie ; il devra être sain, exempt de pailles, criques, fissures, repliures, manques de matière ou autres défauts pouvant nuire à la solidité des essieux ou à leur aspect.

Les essieux coudés seront recuits après forgeage sauf pour le cas où ils seraient demandés trempés.

Pour les *essais à la traction*, on prélèvera, pour les essieux dont les coudes ne seront pas évidés lors du forgeage, une éprouvette découpée dans la débouchure de chacun des coudes, et, pour les essieux dont les coudes seront évidés à la forge, une éprouvette découpée dans un prolongement réservé à cet effet à chacune des extrémités de l'essieu, suivant le diamètre perpendiculaire à la direction du coude le plus voisin. Ces éprouvettes auront 200 millimètres de longueur utile et une section circulaire de 600 millimètres carrés ; dans le cas où les dimensions de la partie de l'essieu dans laquelle seront prélevées les éprouvettes ne permettraient pas d'atteindre ces chiffres, la longueur L et la section S à donner aux éprouvettes seraient déduites de la relation :

$$L^2 = 66{,}67\ S$$

Dans aucun cas, les bandes prélevées dans l'essieu pour le façonnage des éprouvettes ou les éprouvettes elles-mêmes ne devront être réchauffées, trempées, recuites ou martelées, ni être l'objet d'aucune préparation susceptible de modifier la nature du métal. Toutefois, le redressement des bandes destinées à la préparation des éprouvettes, lorsqu'il sera nécessaire, pourra être fait à chaud à l'aide du marteau ou du maillet, à une température ne dépassant pas le rouge sombre.

Digitized by Google

La charge de rupture sera d'au moins 47 kilogrammes par millimètre carré de section, et l'allongement d'au moins 18 p. 100 mesuré dans les 100 millimètres comprenant le point de rupture.

Toutefois, il sera admis une tolérance de 2 kilogrammes sur la charge de rupture et 2 p. 100 sur l'allongement, à la condition que chaque kilogramme en moins sur la charge de rupture soit compensé respectivement par 1 p. 0/0 en plus sur l'allongement, et que chaque centième en moins sur l'allongement soit compensé respectivement par 1 kilogramme en plus de charge de rupture.

Pour les *essais au choc* deux barreaux ayant 200 millimètres de longueur et une section carrée de 30 millimètres de côté, seront prélevés à froid dans chaque essieu et dans les mêmes conditions que celles définies par les essais de traction. Ces barreaux, placés horizontalement sur deux couteaux espacés de 160 mm. et fixés sur une chabotte en fonte d'au moins 800 kilogrammes seront soumis au choc direct (sans interposition de chapeau entre la panne et le barreau) d'un mouton guidé de 50 kg.

La panne du mouton devra être terminée par une partie cylindrique dont l'axe sera horizontal et dans le plan du guidage; le développement de cette partie cylindrique sera de 90°; son rayon sera de 30 mm.

Les arêtes des couteaux devront être parallèles au plan du guidage; elles seront formées de deux faces faisant entre elles un angle de 45° et raccordées entre elles par un cercle de 2 mm. de rayon.

La hauteur de chute du mouton qui, au début, sera de 600 mm. devra être augmentée progressivement jusqu'à la rupture, de 50 mm. au plus à chaque coup, jusqu'à 800 mm. et 100 mm. au plus au delà.

Les barreaux essayés devront supporter des chocs dans les conditions ci-dessus sans qu'il s'y manifeste aucune crique ni aucun indice de rupture, jusqu'à ce que la hauteur de chute ait atteint 1 m.

Deux barrettes ayant 250 mm. de longueur, 40 mm. de largeur et 15 mm. d'épaisseur, ou des dimensions se rapprochant le plus possible de celles-ci, seront prélevées à froid dans chaque essieu et dans les mêmes conditions que celles définies ci-dessus pour les éprouvettes d'essai à la traction; les côtés de ces barrettes ne devront pas être arrondis; toutefois, l'acuité des angles pourra être légèrement enlevée à la lime douce; ces barrettes, chauffées au rouge cerise un peu sombre, seront plongées dans de l'eau à la température de 28 degrés centigrades, puis pliées en leur milieu jusqu'à ce que les deux branches, raccordées par un arrondi d'un rayon intérieur égal à 2 fois l'épaisseur de la barrette, soient devenues parallèles; le métal devra pouvoir subir cet essai sans qu'il s'y manifeste aucune crique, gerçure, dessoudure, ni aucun indice de rupture.

Les essieux seront l'objet de deux réceptions; la première réception sera faite dans les ateliers des fournisseurs qui resteront garants des essieux livrés par eux jusqu'à l'époque de la deuxième réception, qui aura lieu à l'époque où ces essieux auront effectué un parcours de 320 000 km.

La durée totale de la garantie n'excédera pas les 12 années qui suivent la date de livraison. La garantie des fournisseurs consiste dans le remplacement immédiat et à leurs frais de tout essieu auquel il serait reconnu, soit des vices de construction, soit des défauts de qualité de matière et de main-d'œuvre qui seraient de nature à entraîner, pour la Compagnie, des frais autres que ceux d'entretien courant.

Toutefois, lorsque le parcours effectué par l'essieu n'atteindra pas le parcours de garantie de 320 000 km., mais dépassera 80 000 km., les frais de remplacement, au lieu d'être entièrement à la charge du fournisseur, seront réduits en raison des parcours effectués.

Chemins de fer de l'Est. — Les essieux coudés sont achetés bruts de force et façonnés dans les ateliers de la Compagnie. Ils sont fabriqués avec de l'acier fondu sur sole de qualité ordinaire; l'emploi de fontes, fers ou aciers provenant de minerais phosphoreux ainsi que tout métal basique est formellement interdit.

Digitized by Google

CAHIER DES CHARGES		ESSAI DE TRACTION			PLIAGES A FROID		PARCOURS MINIMUM	
NUMÉROS	DATES	R moyenne.	A p. 100 moyen.	R + A				
13	20 octobre 1874.	Pas d'essai.			»		Kilogr. 125 000 pour toutes les [illegible]	
13	1er novembre 1875.	Id.		»	»		Id.	Id.
13	1er juin 1879.	Id.		»	»		Id.	Id.
8 M.T.	Juin 1881.	Id.		»	»		Id.	Id.
Id.	Mars 1882.	Id.		»	»		Id.	Id.
Id.	Mars 1884.	45 à 50 kg.	25 à 20 0/0 ($l = 200$ mm)	»	»		200 000	Id.
17	Février 1885.	40 kg.	18 0/0 ($l = 200$ mm)	58	Pilon de 500 × 0,20 m.	à bloc (en 15 chocs minimum).	320 000	Id.
Id.	Août 1887.	40 kg.	18 0/0 ($l = 200$ mm)	58	Presse ou pilon.	branches parallèles. ($r = 5$ mm.)	Id.	Id.
33 M.P.	Mai 1889.	40 kg.	18 0/0 ($l = 200$ mm)	58	Presse ou pilon.	branches parallèles. ($r = 5$ mm.)	Id.	Id.
Id.	Octobre 1890.	45 kg.	17 0/0 ($l = \sqrt{100\,s}$)	60	Pilon	angle maximum. 25° sans crique.	300 000	Id.
Id.	Avril 1891.	45 kg.	17 0/0 ($l = \sqrt{100\,s}$)	60	Presse ou pilon.	(à titre de renseignement).	Id.	Id.
35 M.P.	Mars 1893.	45 kg.	15 0/0 ($l = \sqrt{100\,s}$)	»	Presse ou pilon.	(à titre de renseignement).	Pour locomotives n° 91 à 100, [illegible] à 361, 101 à [illegible] 142 à 157, [illegible] et 260, 441 à 485. Kilogr. 300 000 01 à 032, [illegible] à 062, 0189 à 0200. 063 à 0120, 01 [illegible] et 0166, 0169 à 0170. 250 000 261 à [illegible] 200 000 1000 à [illegible] 613 à 701. 100 000 Cirey 1 à [illegible]	

Digitized by Google

GARANTIE	
DURÉE MAXIMA	RÈGLEMENT
5 ans.	Tout essieu mis hors d'usage avant d'avoir accompli le parcours imposé pendant le délai ci-contre, sera rendu au fournisseur et remplacé par lui et à ses frais. L'essieu en remplacement devra, avec l'essieu remplacé, atteindre le total du parcours prescrit augmenté de 10 000 km.
Id.	Id.
Id.	Id.
Id.	Id.
Id.	Id.
6 ans.	Tout essieu mis hors d'usage avant d'avoir accompli le parcours imposé pendant le délai ci-contre, sera rendu au fournisseur et remplacé par lui et à ses frais. L'essieu fourni en remplacement devra, avec l'essieu remplacé, donner un total de parcours égal au parcours de garantie prescrit.
10 ans.	Tout essieu mis hors d'usage avant d'avoir accompli le parcours imposé, pendant le délai ci-contre sera rendu au fournisseur. La Compagnie pourra, ou demander le remplacement de l'essieu rebuté et dans ce cas l'essieu remplaçant devra remplir toutes les conditions du Cahier des charges, ou ne pas demander ce remplacement et alors l'essieu rebuté sera renvoyé au fournisseur avec facture au montant de sa valeur pour le poids de l'essieu rendu et au prix de la fourniture.
Id.	Id.
Id.	Tout essieu mis hors d'usage avant d'avoir accompli le parcours imposé pendant le délai ci-contre sera rendu au fournisseur. La Compagnie, pourra, ou demander le remplacement de l'essieu rebuté et, dans ce cas, l'essieu remplaçant devra remplir toutes les conditions du Cahier des charges, ou ne pas demander ce remplacement, et, alors, l'essieu rebuté sera retourné au fournisseur et facturé pour le poids moyen constaté au moment de la livraison à l'état brut ou ébauché, et au prix fixé au traité de fourniture.
Id.	Lorsque, avant d'avoir effectué le parcours minimum de 300 000 km., un essieu se rompra ou sera rebuté pour une cause quelconque (l'usure exceptée) il sera remplacé par le fournisseur en argent ou en nature, au choix de la Compagnie, l'essieu remplacé restant la propriété de cette dernière. Si le parcours au moment du rebut dépasse 100 000 km., il sera tenu compte au fournisseur d'une fraction de la valeur de l'essieu proportionnelle au parcours fait au delà de 100 000 km.; cette fraction s'obtiendra en divisant par 200 000 le nombre de kilomètres parcourus au delà de 100 000 km. Exemple : $x = \frac{(d - 100\,000)}{200\,000} \times P$. ($x$ = prix aux 100 kg. à payer par la Compagnie, — P = prix aux 100 kg. indiqué au marché, — d = parcours réel effectué au moment du rebut.)
Id.	Id.
Id.	Si, avant d'avoir atteint le parcours minimum (P), un essieu est rebuté pour avaries, rupture, etc. (l'usure exceptée), le fournisseur devra, au choix de la Compagnie, soit livrer pour son remplacement un essieu neuf de même série, soit rembourser en argent la valeur de l'essieu avarié, valeur calculée d'après le parcours (p) effectué au moment du retrait. Si le parcours de l'essieu ne dépasse pas 0,33 P, le fournisseur devra livrer un autre essieu ou rembourser à la Compagnie le montant intégral de sa facture relative à cet essieu. Si le parcours est supérieur à 0,33 P, il est tenu compte de la fraction du parcours excédant les 0,33 P et : 1° Dans le cas de remplacement, le nouvel essieu est payé au prix x déterminé par la formule : $x = \frac{S(p - 0,33\,P)}{P(1 - 0,33)}$. 2° Dans le cas de remboursement en argent, le montant y de la contre-facture sera calculé d'après la formule : $y = S - \frac{(p - 0,33\,P)}{P(1 - 0,33)}$. (S = valeur de l'essieu brut, c'est-à-dire montant de la facture du fournisseur) ; (P = parcours de garantie) ; (p = parcours réel effectué).

Digitized by Google

Le premier cahier des charges date du 20 octobre 1874 ; depuis cette époque la Compagnie a dû modifier plusieurs fois les conditions imposées. Il peut être intéressant de faire connaître les modifications successives apportées aux spécifications et qui sont résumées d'une manière synoptique et chronologique dans le tableau (p. 354-355).

Actuellement, les conditions de réception consistent essentiellement, pour chaque essieu :

1° Dans un essai de pliage à froid ;

2° Dans un essai de traction (depuis mars 1884).

Ces essais sont effectués tous deux dans le travers du métal, c'est-à-dire dans les conditions les plus défavorables.

Les éprouvettes sont prélevées sur les essieux à coudes pleins, dans chacune des débouchures des coudes et, sur les essieux à coudes évidés, à chaque extrémité de l'essieu.

On trouvera d'ailleurs ci-dessous les extraits les plus intéressants du Cahier des charges pour la fourniture de ces essieux en acier ordinaire.

Conditions de fabrication et de réception. — Les essieux coudés doivent être en acier fondu de première qualité, l'emploi même partiel de fonte, fer ou acier provenant de minerais phosphoreux est absolument interdit.

La partie supérieure de chaque lingot considérée comme masselotte ne pourra pas être employée à la fabrication des essieux. Le poids de cette masselotte sera au moins égal à 35 p. 100 du poids total du lingot. La partie inférieure exclue également comme formant la chute du pied du lingot sera au minimum de 5 p. 100 de ce poids total de telle sorte que la proportion du métal utilisé pour la fabrication des essieux ne dépasse pas 60 p. 100 du poids du lingot.

Les lingots seront burinés préalablement avec soin pour l'enlèvement à froid de toute crique et défauts de surfaces.

Les essieux coudés qui seront livrés bruts de forge devront être parfaitement sains, exempts de pailles, criques, replis de matière, fissures ou vices provenant des soufflures du lingot. Il ne sera toléré aucun manque de matière, ni aucun défaut pouvant altérer la forme de l'essieu.

Lorsque les essieux sont fabriqués « à coudes pleins », les éprouvettes pour essais de traction et de flexion et contre-flexion par choc seront prélevées dans chacune des débouchures des coudes.

Lorsque les essieux seront fabriqués « à coudes évidés », ils devront comprendre à la forge un excédent de longueur permettant de prélever à chaque extrémité une rondelle d'au moins 45 mm. d'épaisseur après découpage. Dans chaque rondelle seront prélevés deux barreaux dont un de *traction* et un de *flexion* et *contre-flexion*.

Le façonnage de chaque barreau sera effectué entièrement à froid au moyen de machines outils : sans aucun travail de chauffage, martelage, trempe ni recuit ultérieur.

Il sera prélevé sur chaque essieu coudé dans le travers du métal :

Essieu à coudes pleins.	Coude gauche.	1 barreau de traction	1 barreau de flexion et contre-flexion par chocs.
	—		
	Coude droit.	1 —	1 —
Essieu à coudes évidés.	Extrémité gauche.	1 —	1 —
	Extrémité droite.	1 —	1 —

L'éprouvette aura de préférence 19,5 mm. de diamètre, 180 mm. de longueur calibrée et 141 mm. d'écartement entre les repères pointés pour la mesure de l'allongement. Ces repères doivent toujours se trouver à une distance de la naissance des congés des têtes égale au diamètre de la section utile.

Digitized by Google

Le métal devra répondre aux conditions ci-dessous pour éprouvettes prélevées en travers :

Résistance par millimètre carré de la section initiale.	Limite extrême :	45 à 55 kg.
	— moyenne :	48 kg.
	minima pour essai isolé :	45 kg.
allongement 0/0 $L = \sqrt{66,675}$	moyen	18 0/0
	minimum pour essai isolé	15 0/0
Striction $\frac{s-s'}{s} \times 100$	moyenne	40
	minima pour essai isolé	30

Le barreau pour essai de flexion et contre-flexion par chocs aura comme longueur 250 mm. s'il est possible et au minimum 230 mm. avec une section carrée de 30 mm. de côté. Les arêtes vives seront légèrement adoucies à la lime douce.

SÉRIES des locomotives.	POSITION des éprouvettes.	Le	R	A 0/0	R + A	S'/S	TEXTURE
		kg.	kg.				
613 à 704	Coude D	29,3	46,1	23,1	69,2	0,578	A nerf.
	— G	29,6	46,4	23,1	69,0	0,572	—
—	— D	28,4	46,3	23,7	70,0	0,587	A nerf.
	— G	29,6	46,0	22,0	68,0	0,550	—
—	— D	23,2	49,2	21,0	70,2	0,567	Grain.
	— G	19,9	46,8	18,0	64,8	0,592	Nerf.
101 à 135	Extrémité G. . .	24,9	47,2	20,0	67,2	0,552	Nerf.
	— D. . .	24,7	47,4	20,0	67,4	0,589	—
0,33 à 0,62 0,183 à 0,200 0,63 à 0120	Coude D	27,4	45,8	15,3	61,1	0.714	Nerf.
	— G	27,7	46,2	22,6	68,8	0,614	—
613 à 704	— D	•	46,4	17.4	63,8	0,796	Grain.
	— G	•	47,3	18,5	65,8	0,815	Nerf.
—	— D	•	45,9	15,2	61,1	0,821	Grain.
	— G	•	44,7	20,8	65,5	0,670	—
Moyennes		26,4	46,8	20,0	66,8	0,643	
Conditions imposées par le Cahier des charges			45kg.	15 0/0			

Le. Charge à la limite d'élasticité par mm².
R. Charge maximum de rupture par mm².
A. Allongement 0/0 après rupture.
$\frac{S}{S}$ Rapport de la section après striction S' à la section initiale S.

Digitized by Google

Le barreau fléchi par un premier coup de mouton est ensuite retourné redressé par un second choc sur le sommet du pli fléchi à nouveau en sens inverse de la première flexion et ainsi de suite jusqu'à la rupture.

Les nombres de flexions et de redressements successifs seront notés à titre de renseignement.

Les essieux coudés doivent effectuer des *parcours de garantie* minima P de 150 000 (1re catégorie) ou de 200 000 km. (2e catégorie), suivant les séries de locomotives.

Toutefois la durée de la garantie est limitée à 6 années à partir de la date de fabrication frappée sur les essieux. Passé ce délai, les parcours de garantie sont considérés comme atteints.

En outre, dans le cours de la première période de garantie (30 000 ou 40 000 km. selon la catégorie des essieux), s'il est mis hors d'emploi plus de 10 0/0 des essieux coudés faisant l'objet de la fourniture; la Compagnie se réserve le droit de rendre au fournisseur ceux qui peuvent se trouver en magasin avec facture de leur valeur à la livraison.

Le tableau ci-dessus (p. 357) donne le résultat des essais de traction effectués sur quelques essieux coudés en acier ordinaire, au moment de leur réception et répondant aux conditions du Cahier des charges ci-dessus.

Les résultats de l'essai de pliage à froid sont les suivants :

45 0/0 des barreaux carrés ont été pliés à branches parallèles sans rupture (écartement des deux branches à peu près égal à l'épaisseur du barreau, soit 30 mm.;

55 0/0 se sont rompus à l'angle moyen de 66° (résultats isolés variables).

Indépendamment des essais ci-dessus, les essieux coudés doivent effectuer des parcours minima fixés par séries de locomotives et indiqués au tableau ci-après :

TYPES DES LOCOMOTIVES	SÉRIES	PARCOURS MINIMA de garantie P.
		Km.
Locomotives à voyageurs à 2 essieux accouplés .	91 à 100 ; 304 à 361	300 000
— —	101 à 135 ; 142 à 157	
— —	259 et 260	
	441 à 485	
Locomotives à voyageurs à 3 essieux accouplés .	0,1 à 0,32	
Locomotives à marchandises et à voyageurs à 3 essieux accouplés.	0,33 à 0,62 ; 0,189 à 0,200	
Locomotives à marchandises et à voyageurs à 3 essieux accouplés.	0,63 à 0,120	
Locomotives-tender de gare à 3 essieux accouplés.	0,165 et 0,166	
— —	0,169 et 0,170	
Locomotives-tender à voyageurs à 2 essieux accouplés	261 à 285	250 000
Locomotives à marchandises à 3 essieux accouplés.	1 002 à 1 005	200 000
Locomotives-tender à voyageurs, à 3 essieux accouplés	613 à 704	

Si un essieu est rebuté pour avaries, ruptures, cassures partielles, déformations, fissures, soufflures, etc., le fournisseur doit, au choix de la Compagnie, fournir un essieu neuf de la même série en remplacement ou rembourser en argent la valeur de l'essieu avarié; mais il est tenu compte au fournisseur, suivant formule indiquée au cahier des charges, de la valeur d'une certaine partie de l'essieu rebuté, étant entendu que celui-ci reste, comme vieille matière, la propriété de la Compagnie.

Digitized by Google

La durée de la garantie est limitée à dix années à partir de la date de fabrication frappée sur les essieux.

La *Compagnie de l'Est* a fait fabriquer, à titre d'essai, quelques essieux en métal spécial, mis en service en 1894, ce qui ne permet pas de présenter des conclusions sur les résultats obtenus.

Ces essieux en acier dit « de qualité supérieure » sont en acier à canons non trempé, acier à canons trempé à l'huile et recuit, acier fondu supérieur au creuset non trempé; ils ont été livrés au prix de 140 à 150 fr. les 100 kg. par diverses usines françaises.

Le tableau ci-après indique la moyenne des essais de traction effectués dans le travers du métal sur quelques-uns des essieux coudés en acier de « qualité supérieure ».

ÉPROUVETTES	Le	R	A 0/0	R + A	$\frac{S'}{S}$
Acier à canons trempé à l'huile et recuit.					
	Kg.	Kg.			
Avant trempe	25,9	51,6	21,4	73,0	0,574
Après trempe	34,8	62,1	17,7	79,8	0,640
Avant trempe	22,7	46,1	17,9	64,0	0,691
Après trempe	36.1	59,5	17,1	76,6	0,606
Avant trempe	24,9	51,2	20,3	71,5	0,592
Après trempe	36,6	65,6	14,8	80,4	0,602
Avant trempe	24,7	49,4	23,1	72,6	0,564
Après trempe	36,6	63,0	14,3	77,3	0,630
Acier à canons non trempé.					
4 en service	25,5	48,9	22,1	71,0	0,622
Acier au creuset non trempé.					
Coudes	28,4	53,3	14,2	67,5	0,828
Extrémités	31,3	56,8	15,0	71,8	0,744
Coudes	28,3	52,5	14,5	67,0	0,661
Extrémités	28,7	54,2	15,6	69,7	0,642
—	29,0	54,4	14,0	68,4	0,659

Les résultats des essais de pliage à froid sont les suivants :
46 0/0 des barreaux pliés, sans rupture à branches parallèles (écartement 30 mm. environ).
54 0/0 rompus à l'angle moyen de 56° (résultats isolés variables).

Digitized by Google

On trouvera ci-après un extrait du programme de réception des essieux coudés en acier destinés aux locomotives de la même Compagnie, relatif à la vérification du traçage, à l'examen des surfaces et aux tolérances de poids.

Programme de réception. — L'essieu à vérifier est placé sur un grand marbre parfaitement dressé et peut reposer par ses deux portées de calage sur deux V de mêmes dimensions et de même niveau.

Les différentes vérifications ont lieu ensuite dans l'ordre suivant :

La manivelle gauche étant placée horizontalement et piquée en avant, on devra s'assurer que la manivelle droite, verticale, se trouve soit en dessus, soit en dessous, suivant les indications fournies par le dessin correspondant.

La vérification des longueurs et diamètres des portées, fusées et tourillons, ainsi que les dimensions des joues des manivelles se fait dans les conditions ordinaires, au moyen d'une règle bien graduée vérifiée sur un mètre étalon, d'un pied à coulisse ou d'un compas d'épaisseur. Les longueurs sont d'abord mesurées séparément, puis totalisées.

On commence par amener l'axe de l'essieu parallèle au plan du marbre. Ce résultat est obtenu au moyen de cales enfoncées sous l'un des deux V ou sous l'essieu lui-même jusqu'à ce que l'on ait constaté, au moyen du trusquin, que les points de centres de chacune des deux extrémités du corps sont situés à la même hauteur.

Ceci fait, on dispose l'une des manivelles dans une position nettement horizontale, au moyen d'un coin de réglage convenablement enfoncé à l'extrémité du coude ; l'horizontalité est acquise lorsqu'on aura constaté, au moyen du trusquin, que les points de centres des extrémités de l'essieu ainsi que des tourillons sont situés dans un plan parallèle à celui du marbre.

On trace ensuite un trait horizontal sur l'un des bords de la face du coude, puis on fait tourner l'essieu jusqu'à ce que l'autre manivelle soit rendue horizontale en procédant de la même façon que précédemment. L'horizontalité de cette dernière ayant été régulièrement constatée, l'équerrage des coudes sera reconnu exact lorsque le trait, précédemment tracé sur la première manivelle, se trouvera situé suivant la verticale. Cette vérification a lieu au moyen d'une grande équerre à chapeau.

La manivelle occupant la position verticale et le corps de l'essieu étant disposée horizontalement, on règle la pointe du trusquin de façon que sa hauteur mesurée à partir du marbre, soit égale à la distance comprise entre l'axe du tourillon et celui de l'essieu (cote relevée sur le dessin), augmentée de la hauteur du point de centre au-dessus du marbre.

On trace ensuite le centre du tourillon.

Enfin, on vérifie l'écartement d'axe en axe des manivelles au moyen d'une règle graduée et à l'aide de deux réglettes passant chacune suivant l'axe longitudinal des coudes.

Le traçage ayant été vérifié et reconnu exact, on procède à l'examen des surfaces en observant les instructions contenues dans le cahier des charges, relativement aux excédents de matière ou de poids à tolérer.

Les défauts les plus répandus sont les pailles ou replis, ainsi que les manques de matière.

Les pailles ou replis devront être *burinés à fond* et l'essieu après sondage devra chaque fois présenter suffisamment de matière pour que la réparation puisse entièrement disparaître lors du finissage.

Dans le cas où le sondage des défauts aurait amené un manque de matière suffisant pour persister après finissage, l'essieu sera mis en litige et une note devra être adressée au bureau du service, avec toutes les indications nécessaires pour qu'on puisse statuer sans hésitation sur l'acceptation ou sur le rebut.

Tolérance de poids et poinçonnage d'admission. — Les essieux reconnus sains, sans défauts et dont les résultats d'essais auront été satisfaisants, seront pesés, et si le

Digitized by Google

poids individuel ne se trouve pas supérieur à 50 0/0 du poids fixé par le dessin, ils seront poinçonnés du poinçon d'acceptation.

Dans le cas contraire, ils ne pourront être poinçonnés qu'à la suite d'une réduction de poids suffisante pour les ramener dans les limites prescrites.

CHEMINS DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE. — Les essieux coudés pour locomotives sont en fer ou en acier, bruts ou finis; les essieux finis peuvent être frettés ou non frettés, munis ou non munis de boulons de renforcement. Les essieux bruts peuvent être livrés seuls ou accompagnés de leurs frettes.

Les essieux coudés sont en *fer* de la nature dite fer fort ou fer doux à grain fin, ou en *acier* fondu sur sole, l'un et l'autre de première qualité. Les frettes sont en acier fondu sur sole de qualité supérieure, les boulons de renforcement sont en fer de première catégorie défini au cahier des charges pour la fourniture des fers de forge, fers spéciaux, tôles de fer et boulons.

Les prescriptions suivantes sont observées dans la fabrication des essieux, frettes et boulons.

Les fontes employées pour la fabrication du fer et de l'acier proviennent exclusivement de minerais de fer de première qualité, tels que les minerais magnétiques de Mokta-el-Hadid, les hématites d'Algérie, d'Espagne ou des Pyrénées, les fers spathiques des Pyrénées et des Alpes, les oligistes de l'île d'Elbe, etc..., ou tous autres minerais similaires donnant des produits d'une qualité reconnue équivalente ; elles sont pour la qualité équivalentes aux meilleures fontes au bois anciennes.

Les fers et les aciers employés concurremment avec les fontes pour la fabrication de l'acier proviennent exclusivement de fontes de la nature ci-dessus définie.

On exclut rigoureusement de la fabrication les fontes qui ne sont pas de la provenance ci-dessus définie ou pour lesquelles cette provenance n'est pas clairement établie. On interdit notamment, de la façon la plus absolue, l'emploi, dans quelque proportion que ce soit, de fontes provenant soit de minerais oolithiques ou autres minerais phosphoreux, soit de mélanges contenant de ces mêmes minerais, quels que soient d'ailleurs les traitements que l'on fasse subir à ces fontes avant ou pendant la fabrication.

Les fers bruts employés à la fabrication des essieux coudés en fer sont obtenus par le puddlage de fontes fines d'allure chaude. Les fers bruts sortant du four à puddler sont passés en barres plates.

Les barres sont triées au casse-fer. On n'emploie pour la fabrication des essieux coudés que celles qui ne se rompent qu'après plusieurs coups de masse et dont la texture est entièrement à grain : le grain doit être fin, rond et régulier ; on exclut toutes les barres nerveuses, aciéreuses ou présentant une texture à facettes.

Les essieux coudés sont obtenus en forgeant des trousses composées, soit des barres ci-dessus définies, soit de fers corroyés résultant du paquetage et du laminage de ces barres en largets.

Si le fer est corroyé, les trousses pour fer corroyé sont composées uniquement des barres de fer brut, ayant chacune toute la longueur de la trousse, et affranchies aux deux bouts. On n'admet dans la composition des paquets pour essieux coudés que les barres de fer corroyé qui sont saines sur toute leur longueur et exemptes de criques et de fentes.

Les paquets pour essieux coudés sont formés de barres ayant toutes une longueur égale à celle des paquets et affranchies aux deux bouts ; ces barres sont rangées par assises régulières ; celles qui entrent dans une même assise ont toutes la même épaisseur ; les assises sont disposées à joints croisés ; les paquets sont faits avec soin, de manière à présenter une forme bien régulière ; leur section est rectangulaire ; leur hauteur est au moins égale à une fois et demie leur largeur.

Le soudage des paquets et le forgeage des essieux sont entièrement effectués au marteau-pilon. L'emploi de la presse est interdit.

Digitized by Google

Les paquets peuvent être composés de manière à fournir un ou plusieurs essieux coudés ; dans aucun cas, des parties ou chutes de masses de fer pour essieux coudés ne seront soudées ensemble pour fournir des essieux coudés bruts ; ceux-ci seront toujours formés dans la masse, en une seule fois.

Les lingots pour essieux coudés *en acier* sont en acier fondu sur sole fabriqué par le procédé Martin-Siemens ou Martin-Pernot.

Ils sont coulés par le procédé à la poche, à l'exclusion du procédé dit « à la baguette » et de tout autre procédé. La coulée est faite d'un seul jet, avec rapidité, pour éviter les reprises et, autant que possible, les soufflures.

Le forgeage des lingots ponr obtenir les essieux coudés est entièrement effectué au marteau-pilon. L'emploi de la presse est interdit.

Les lingots réchauffés sont étirés en rondins sous un marteau-pilon ; dans le cours du forgeage, il est fait dans la partie correspondant au haut du lingot une chute représentant 30 0/0 de son poids, et dans la partie correspondant au bas une chute représentant 5 0/0 de son poids ; les 65 0/0 restants sont seuls utilisés et forgés pour obtenir l'essieu coudé.

Dans le cours du forgeage, et après chaque chaude, il est procédé à un dépaillage pour enlever les criques, bavures, repliures et autres défauts qui pourraient altérer la surface des essieux coudés bruts

Les essieux coudés finis de forge, qu'ils soient en fer ou qu'ils soient en acier, sont soumis à l'opération du recuit, qui est conduite de la façon suivante :

Les essieux sont posés sur la sole d'un four à recuire où ils sont portés lentement à la température du rouge cerise clair. Pendant ce temps, l'allure du four doit être régulière et la flamme constamment réductrice.

La température convenable étant atteinte, elle est maintenue pendant quelques minutes et suffisamment pour que les essieux soient chauffés également dans toutes leurs parties ; puis les feux sont tombés et la porte du four est ouverte jusqu'à ce que leur température soit descendue jusqu'au rouge sombre. A ce moment, la porte est fermée et toutes les issues du four sont bouchées pour permettre aux essieux de se refroidir lentement : ils sont retirés du four lorsqu'ils sont refroidis complètement.

Les essieux coudés en fer ou en acier sont soumis aux épreuves ci-après :

Chaque essieu coudé brut en fer ou en acier est fabriqué à une longueur telle qu'on puisse détacher à chacune de ses extrémités une rondelle d'essai ayant même diamètre que l'arbre ; l'une de ces rondelles doit avoir au moins 160 mm. de hauteur, de façon qu'on puisse y découper les éprouvettes qui seront essayées à la traction et au choc, comme il sera dit plus loin. Pour détacher les rondelles de l'essieu, on commence par pratiquer, au tour, pour chacune, une saignée telle que la rondelle ne tienne plus à l'essieu que par partie ayant 45 mm. de diamètre ; puis on détache chaque rondelle à la masse, devant un agent de la Compagnie. La cassure doit présenter sur toute sa surface un grain fin et régulier avec arrachements, et, si l'essieu est en acier, il ne doit offrir aucun creux, aucune soufflure, ni aucune lance de la poche de retassement.

Les *épreuves de traction et de choc* doivent être opérées comme suit et donner les résultats suivants :

La charge initiale par millimètre carré de la section est des 8/10es de la charge minima de rupture indiquée au tableau ci-après ; cette charge doit être maintenue en action pendant un quart de minute ; ensuite, des charges supplémentaires égales à 500 gr. pour chaque millimètre carré de la section primitive du barreau sont successivement ajoutées à des intervalles réguliers de un quart de minute jusqu'à la rupture :

Pour les essieux en acier, on prélève en outre dans la même rondelle de 160 mm. de hauteur une barrette à section carrée découpée également à froid à la machine-outil et destinée à subir un essai au choc. Cette barrette a 30 mm. de côté et elle est découpée en

Digitized by Google

travers dans un plan normal à l'axe de l'essieu et aux deux tiers du rayon à partir de cet axe pour les essieux dont la portée de calage a un diamètre fini supérieur à 180 mm. Elle a 20 mm. de côté et elle est découpée en long parallèlement à l'axe et aux deux tiers du rayon, à partir de l'axe, pour les essieux dont la portée de calage a un diamètre fini égal ou inférieur à 180 mm.

		ESSIEUX en fer.	ESSIEUX en acier.
1° Éprouvette en travers.	Charge minima par milimètre carré	»	42 kg.
	Allongement correspondant	»	15 0/0
2° Éprouvette en long .	Charge minima par millimètre carré. . . .	32 kg.	45 kg.
	Allongement correspondant	18 0/0	25 0/0

Dans cet essai, la barrette doit pouvoir supporter, sans rupture ni crique, 15 coups de mouton.

Pour les barrettes de 30 sur 30 mm., le poids du mouton est de 20 kg.; la hauteur de chute, de 2 m.; la distance des appuis, de 160 mm.

Pour les barrettes de 20 sur 20 mm., le poids du mouton est de 15 kg.; la hauteur de chute, de 1,25 m.; la distance des appuis, de 140 mm.

Le poids du mouton P et la hauteur de chute H peuvent différer des poids et hauteurs indiqués ci-dessus à la condition toutefois qu'on ait toujours un choc d'une intensité PH = 40 kgm. pour les barrettes de 0,30 sur 0,30 mm., et PH = 18 kgm. pour les barrettes de 0,20 sur 0,20 mm.

De plus, s'il s'agit d'essieux finis, toutes les parties tournées sont ébauchées au tour à 1 mm. de la cote indiquée pour les essieux finis; ces parties sont ensuite passées à l'acide pour être oxydées, afin de s'assurer, par l'examen des surfaces, qu'aucune pièce n'a été rapportée pour dissimuler des défauts ou des vices de fabrication. Les essieux ayant subi une réparation de ce genre sont rebutés.

Les *frettes* sont en acier fondu sur sole. L'acier est de la qualité supérieure dite « métal à canons » et obtenu avec des fontes fines provenant des minerais purs spécifiés et des chutes de canons ou des fers bruts puddlés de première qualité.

Sur les lingots coulés en vue de la fabrication des frettes, il est fait une chute de 35 0/0 au haut du lingot.

Les 65 0/0 restants du lingot sont seuls utilisés.

Le lingot réchauffé est forgé sous un marteau puissant, puis percé et laminé comme pour les bandages en acier.

Les frettes finies de forge sont trempées à l'huile une première fois à la température du rouge cerise et une deuxième fois à la température du rouge très sombre.

En même temps que les lingots destinés à la confection des frettes, on coule un petit lingot d'essai qui est étiré au marteau-pilon, de façon à acquérir le même degré de corroyage que les frettes elles-mêmes. Dans le barreau ainsi étiré, trempé deux fois à l'huile identiquement comme les frettes elles-mêmes, on prélève deux barreaux d'épreuves, l'un pour l'essai à la traction semblable au barreau de traction de l'essieu décrit ci-dessus, l'autre pour l'essai au choc, ayant une section carrée.

L'éprouvette essayée à la traction doit avoir 13,8 mm. de diamètre et 100 mm. de longueur; elle ne doit se rompre que sous une charge de 55 kg. au minimum et fournir un allongement d'au moins 18 0/0.

L'éprouvette pour l'essai au choc, qui devra avoir une section de 0,30 sur 0,30 mm., sera posée sur deux appuis distants de 160 mm.; elle devra pouvoir supporter, sans rupture ni crique, 15 coups d'un mouton de 25 kg. tombant de 2 m.

Digitized by Google

La hauteur de chute H et le poids du mouton P peuvent être modifiés à la condition toutefois que l'intensité du choc soit toujours de PH = 50 kgm.

Les essieux coudés sont livrés, suivant les indications portées sur la soumission ou la commande : *bruts de forge*, *sans frettes* ou *avec frettes séparées*; *finis et non frettés*, ou *finis et frettés*.

Les *essieux bruts de forge* sont livrés ainsi qu'il suit :

Le corps de l'essieu reste brut de forge ; ses dimensions sont aussi conformes que possible aux cotes des dessins d'essieux finis remis au fournisseur.

Les congés représentés sur les dessins doivent être remplacés par des lignes inclinées à 45° qui sont raccordées par des arrondis avec les parties rectilignes.

Les fusées avec leurs embases et leurs raccords sont ébauchées au tour à des diamètres excédant de 5 mm. environ ceux qui sont portés sur les dessins; la longueur des fusées ébauchées est inférieure de 5 mm. environ à celle indiquée par les dessins. De cette façon, il reste à enlever partout une épaisseur de métal de 2,5 mm. environ pour amener les fusées avec leurs embases et leurs raccords aux cotes exactes des dessins ; néanmoins, l'écartement des axes des fusées est exactement égal à celui qui est indiqué par les dessins ; cet écartement est vérifié au calibre et ne comporte aucune tolérance.

Les portées de calage et les portées des poulies d'excentriques sont ébauchées au tour à des diamètres excédant de 8 à 10 mm. ceux indiqués par les dessins ; les entailles des clavettes ne sont pas faites par le fournisseur.

La longueur totale des essieux dépasse de 12 à 15 mm. celle qui est indiquée sur les dessins. Cette augmentation de longueur est répartie par moitié sur chacun des collets des deux portées de calage des roues ou des manivelles extérieures.

Les faces des extrémités des essieux sont dressées au tour ; les trous de pointes de tour sont conservés aux deux extrémités ; ils ont au moins 20 mm. de profondeur.

Les tourillons et les bras de manivelles sont bruts de forge, mais bien parés.

De l'essieu brut ainsi préparé, on doit pouvoir tirer l'essieu fini, conforme aux dessins remis au fournisseur.

Le poids de l'essieu brut exécuté dans les conditions définies par le présent article ne doit pas dépasser de plus de 25 0/0 le poids de l'essieu fini ; l'excédent de poids au delà de 25 0/0 n'est pas payé au fournisseur.

Si la soumission ou la commande comporte la *livraison des frettes* avec les essieux bruts, les essieux et les frettes sont livrés séparément.

Les essieux sont exécutés dans les conditions ci-dessus définies.

Les frettes sont brutes, mais ébauchées à la forge à des dimensions aussi rapprochées que possible des cotes fixées par les dessins pour les pièces finies, de manière que la matière à enlever soit aussi réduite que possible et qu'elle ne dépasse en aucun cas 35 0/0 du poids de la frette finie ; l'excédent de poids au delà de 35 0/0 n'est pas payé au fournisseur.

Les essieux qui doivent être *livrés, finis et non frettés* sont exécutés rigoureusement aux cotes indiquées par les dessins, sauf les exceptions suivantes :

Les portées de calage et les portées des poulies d'excentriques sont ébauchées au tour à des diamètres excédant de 8 mm. ceux indiqués par les dessins ; les entailles des clavettes ne sont pas faites par le fournisseur ;

La longueur totale des essieux dépasse de 12 mm. celle qui est indiquée sur les dessins. Cette augmentation de longueur est répartie par moitié sur chacun des collets des deux portées de calage des roues ou des manivelles extérieures ; toutes les autres longueurs restent conformes aux cotes des dessins.

Les faces des extrémités des essieux sont dressées au tour ; les trous de pointes de tour sont conservés aux deux extrémités ; ils ont au moins 20 mm. de profondeur.

L'écartement des axes des fusées, leur longueur et leur diamètre sont exactement égaux à ceux qui sont indiqués par les dessins ; ils sont vérifiés au calibre et ne comportent aucune tolérance.

Digitized by Google

Les boulons de renforcement doivent être tournées et polis; ils doivent entrer à frottement dans leur logement.

Les essieux, qui doivent être *livrés finis et frettés*, sont exécutés comme il est indiqué ci-dessus pour les essieux finis, non frettés; de plus, le frettage doit être exécuté comme suit :

Les surfaces de contact sont ajustées soigneusement, de façon qu'il y ait entre les deux pièces un servage de 1,4 mm. par mètre dans tous les sens. — Les surfaces extérieures des frettes sont rabotées et leurs angles extérieurs sont légèrement arrondis. La pose des frettes se fait à la température du bois fumant (environ 400°) en présence d'un agent de la Compagnie *P.-L.-M.*

Les *essieux coudés* et les *frettes* doivent être parfaitement soudés, exempts de criques, pailles, dessoudures, manques de matière ou autres défauts pouvant nuire à leur forme, à leur solidité ou à leur apparence.

Les essieux coudés et les frettes, bruts de forge ou finis, qui présenteraient des criques, des trous ou des manques à la surface, seront rebutés; il est formellement interdit de les réparer en y soudant du fer pour remplir les vides ou remplacer les manques; les pièces ainsi réparées seront rebutées.

Chaque essieu coudé et chaque frette portent la marque de fabrique du fournisseur, le numéro du mois et les deux derniers chiffres du millésime de l'année de fabrication.

Les essieux coudés et les frettes finis, reçus provisoirement, sont recouverts, afin de les préserver de l'oxydation, d'un enduit formé d'un mélange par parties égales, en poids, de suif, huile de colza, blanc de Meudon et blanc de ceruse broyés; les essieux et frettes ne doivent pas être exposés à la pluie avant que l'enduit ait acquis une certaine consistance. Ils sont en outre enveloppés d'un emballage suffisant pour les protéger contre toutes les avaries qui pourraient résulter de chocs dans les transports.

L'emballage n'est pas exigé pour les pièces brutes.

Le fournisseur est responsable des essieux coudés pendant toute la durée nécessaire pour effectuer un certain parcours normal.

Les parcours normaux des essieux coudés varient avec le type des essieux montés dont ils font partie et avec le type des machines sous lesquelles ils effectuent leur service; le tableau suivant indique les parcours normaux des essieux coudés suivant le type de l'essieu monté et de la machine.

SÉRIES DES MACHINES auxquelles les essieux s'appliquent.	PARCOURS de garantie.	SÉRIES DES MACHINES auxquelles les essieux s'appliquent.	PARCOURS de garantie.
	Kilomètres.		Kilomètres.
514, 516, 517, 519, 520	200 000	1 224-1 242	170 000
955, 957, 958, 961, 963, 964	260 000	1 268-1 287, 1 289-1 308	170 000
971. 972, 974	200 000	3 675-3 690	120 000
1 001-1 012	120 000	3 779-3 802	300 000
976, 977	150 000	523-553	120 000
1 013-1 054	160 000	C-3, C-11-12	170 000
471, 491, 493-496, 500-508	250 000	C-21-60	200 000
3 701-3 775, 3 777-3 778	300 000	C-1	160 000
1 112-1 150	210 000	C-2	160 000
4 501-4 520	140 000	3 201-3 202, 3 211-3 362	160 000
461-470	70 000	4 301-4 302	140,000
996	350 000		

Lorsqu'un essieu casse ou est rebuté pour une cause quelconque : déformation, usure, fissures, dessoudures, etc., ne permettant pas de le maintenir en service, avant d'avoir

Digitized by Google

effectué un parcours minimum égal au tiers du parcours normal indiqué dans le tableau précédent pour le type correspondant d'essieux montés et de machines, la Compagnie ne paye rien au fournisseur, ni pour le parcours effectué par l'essieu coudé, ni pour la valeur de l'essieu coudé rebuté qui reste propriété de la Compagnie.

Lorsqu'un essieu casse ou est rebuté après un parcours égal ou supérieur au tiers, mais inférieur à la totalité du parcours normal indiqué dans le tableau précédent pour le type correspondant, la Compagnie paye au fournisseur le prix porté sur la soumission ou la commande, réduit dans le rapport du parcours effectué, avant le rebut, au parcours normal; l'essieu coudé rebuté reste, sans autre indemnité, propriété de la Compagnie.

Il est entendu que les parcours de garantie stipulés plus haut devront être effectués dans un délai calculé en admettant que les essieux coudés seront mis en service un an après la livraison, et qu'ils effectueront dans les années suivantes un parcours annuel moyen de 30 000 km.

Passé le délai fixé comme il vient d'être dit, les essieux coudés seront considérés comme ayant fourni le parcours normal, et la garantie sera épuisée.

S'il s'agit d'un essieu coudé d'un type non indiqué dans le tableau ci-dessus, le fournisseur n'en est responsable que pendant un délai de garantie dont la durée est fixée à quatre années à partir de la date de la livraison, quel que soit d'ailleurs le parcours effectué pendant ce délai, et sa responsabilité ne peut être invoquée que si le rebut tient à un vice de fabrication ou à un défaut de qualité de la matière.

Chemin de fer de Paris a Orléans. — Les essieux coudés seront en acier de qualité supérieure fondu au creuset, d'une structure parfaitement homogène, à grain fin et sans aucun défaut.

Les lingots devant servir à leur fabrication devront être suffisamment affranchis pour faire disparaître toutes les soufflures.

Les coudes seront forgés pleins et dans leur position définitive.

Après forgeage, ces essieux seront recuits au moyen d'un réchauffage au rouge cerise, suivi d'un refroidissement lent dans le four à recuire.

Une fois finis, ils ne devront présenter ni pailles, ni gerçures ou autres défauts; les fusées et les tourillons devront être exempts de cendrures et seront fortement martelés à froid avant planage.

La qualité du métal sera constatée au moyen d'épreuves à froid par traction.

Ces épreuves seront faites avec des éprouvettes de 200 mm. de longueur utile et d'environ 16 mm. de diamètre, découpées à froid dans la partie saine d'une chute faite sur un essieu brut, du côté correspondant à la partie supérieure du lingot.

Dans ces épreuves, le métal devra donner une résistance à la rupture de 60 kg. par millimètre carré de section avec un allongement de 20 0/0 et de plus une diminution de section à l'endroit de la rupture ou striction de 55 à 50 0/0 avec compensation de 2 kg. de résistance par 2 0/0 d'allongement sans que toutefois la résistance puisse être inférieure à 55 kg. et l'allongement à 18 0/0.

On prendra ordinairement pour chaque coulée deux éprouvettes à la circonférence et une au centre.

Une cassure à froid d'environ 80 mm. de diamètre devra toujours être faite entre la chute et l'essieu pour montrer la texture du métal; cette cassure devra présenter de nombreux arrachements.

En outre, des épreuves à l'acide pourront être faites pour permettre de constater que la matière est bien homogène et sans défaut.

Les essieux qui présenteront soit pendant le travail à l'atelier, soit en service, des défauts imputables à la fabrication et pouvant nuire à leur emploi, seront refusés.

En outre, tous les essieux seront garantis pour un parcours de 200 000 km. à effectuer dans un délai de quatre ans, à partir du jour de leur livraison. Si, à l'expiration de ce délai, le parcours n'était pas effectué, la garantie cesserait de plein droit.

Digitized by Google

288. Roues. — Les roues de locomotives se confectionnent en fer, forgé ou matricé, en acier moulé et en fonte.

A part les États-Unis, où la fonte a toujours été usitée d'une manière à peu près exclusive, on a employé d'abord partout le fer forgé remplacé depuis, en France et dans plusieurs contrées de l'Europe continentale, par le fer matricé, en Angleterre, du moins sur la majorité des réseaux, par l'acier moulé. Ce dernier métal commence aussi à être usité en Allemagne et, aux États-Unis, peu à peu il détrône la fonte.

On sait que les anciennes roues en fer étaient fabriquées par le soudage à chaud d'une série d'éléments juxtaposés composés chacun d'un bras, d'une partie de moyeu et de jante. Les roues ainsi fabriquées étaient très solides, le métal étant convenablement corroyé et modérément chauffé, mais elles nécessitaient une main-d'œuvre habile, et leur prix, déjà élevé à l'origine, n'a pas cessé de s'accroître, étant données les difficultés de plus en plus grandes que présente le recrutement de bons forgerons. Aussi, a-t-on renoncé peu à peu à ce procédé en faveur d'autres méthodes plus expéditives et donnant une beaucoup plus large part au travail mécanique.

En France, on a donné la préférence au fer matricé; dans d'autres pays, on n'a abandonné le procédé par forgeage que beaucoup plus tard et seulement lorsque les progrès de la métallurgie ont permis d'obtenir des roues très saines en acier moulé.

Le fer matricé a jusqu'ici donné toute satisfaction aux Compagnies ou Administrations qui en font usage; on reconnaît cependant que si son emploi permet de simplifier les procédés de fabrication et de réduire le prix des roues, il n'est pas à l'abri de tout reproche. Le défaut de ce métal, quand sa fabrication n'est pas très soignée, consiste dans un corroyage insuffisant et dans un excès de chauffage nécessaire pour lui donner la malléabilité indispensable pour qu'il puisse subir le travail d'étampage. Le fer n'est pas forgé pendant son refroidissement, une fois le matriçage opéré, et il prend souvent une texture cristalline à gros grains qui en diminue un peu la résistance et l'allongement[1]. A égalité de résistance, les roues en fer matricé doivent être de plus forts échantillons que les roues en fer forgé; s'il en était autrement, les bras se cintreraient rapidement et les jantes se fendraient transversalement, c'est d'ailleurs un genre d'avaries que l'on est fréquemment appelé à constater.

Jusqu'ici, on donne aux divers éléments des roues en acier moulé des épaisseurs plus fortes que pour les roues en fer obtenues par étampage; mais nous pensons que l'on pourrait sans crainte les diminuer.

[1] Disons d'ailleurs que les grandes usines, si bien dirigées, qui se livrent en France à cette industrie, apportent à leur fabrication les soins et l'attention nécessaires pour réduire ces inconvénients au minimum.

Digitized by Google

Actuellement, les roues en acier moulé reviennent, en France, à un prix un peu plus élevé que les roues en fer, mais il n'en sera peut-être pas toujours de même lorsque l'industrie du métal coulé aura pris toute l'extension que l'avenir lui réserve.

Chemins de fer de l'Est. — Les corps de roues sont de deux types :

1° Corps de roues en fer étampé, à rayons simples, de section elliptique, type A.

2° Corps de roues en fer, à rais doubles, de section rectangulaire, type B.

Les commandes et marchés indiquent les types, les diamètres extérieurs et les alésages ébauchés ou finis des moyeux.

Les dessins donnent les tracés des formes et leurs dimensions.

Type A. Corps de roues en fer, à rayons simples, de section elliptique.

Les corps de roues de ce type seront fabriqués par étampage.

Type B. Corps de roues en fer, à rais doubles, de section rectangulaire.

Ces corps de roues seront fabriqués indistinctement au pilon ou à la presse. Le noyau central et les deux saillies feront parfaitement corps; les parties seront exactement soudées. Toute trace de cavité après l'alésage entraînerait le rebut.

Le diamètre du noyau central sera tel, qu'après achèvement du moyeu, il reste encore, entre l'alésage demandé et le point le plus rapproché des rais, une épaisseur de métal bien soudé, suffisante pour que le corps de roues réponde entièrement aux conditions d'essais prévues plus loin.

Tout encollage direct de rondelles isolées, posées à plat sur les côtés des bras, pour former les saillies est rigoureusement interdit.

Les fers employés devront être de la meilleure qualité pour l'emploi,

Dans les corps de roues du type B, les fers à rais devront être à nerf long et blanc; les coins de jonction rapportés aux rais pour former la jante doivent être parfaitement et complètement soudés.

Les bavures provenant du laminage seront enlevées.

Les corps de roues seront livrés *finis, tournés, parés, alésés aux cotes des commandes ou des dessins et seront tous équilibrés, sauf ceux de machines portant des contrepoids ou moyeux additionnels pour boutons de manivelles.*

Les trous pour boutons de manivelles ne seront pas percés.

Les corps de roues devront être bien parés, ébarbés et parfaitement dégauchis; leur jante sera régulière et d'épaisseur uniforme. Ils ne devront présenter, en quelque point que ce soit de leurs surfaces, aucune fissure, paille, crique, soufflure ni défaut de soudure, matage ou arrachement de matière.

Près du moyeu, les rais ne devront présenter ni affaiblissement de section, ni trace de brûlure.

Tous les rais se trouveront exactement dans le même plan, et, dans le type B, les soudures en coins des rais entre eux devront être suffisamment étendues et chargées pour ne laisser aucun manque de matière après le tournage.

Les dimensions des corps de roues pour locomotives et tenders seront rigoureusement comprises entre les limites maxima et minima fixées par les dessins. Pour les corps de roues de voitures et wagons, les dessins indiquent certaines tolérances; toutes les autres dimensions données doivent être suivies à 1/2 mm. près en plus ou en moins.

L'alésage du moyeu sera uniforme dans toute l'étendue du trou, de façon à donner une ouverture absolument cylindrique. Les surfaces seront unies, sans stries, lignes, taches de feu, fissures ou indices de dessoudures; sans bavures, arrachements, ni manque de matière, quel qu'il soit, et seront exactement perpendiculaires au plan de la jante.

Si l'alésage du moyeu des corps de roues pour voitures et wagons n'est qu'ébauché, il sera effectué à 2 mm. en moins de la cote fixée par la commande, avec tolérance de 0,5 mm. en plus ou en moins.

Digitized by Google

Aucune tolérance n'est admise sur l'alésage du moyeu fini.

L'épaisseur du moyeu sera prise à 25 mm. à partir de la surface intérieure, côté de la plus grande saillie. Cette épaisseur doit être uniforme partout, c'est-à-dire que la surface extérieure du moyeu sera exactement concentrique avec le trou. Il n'est admis, pour tous les corps de roues, qu'un millimètre de différence d'un point à un autre sur cette dimension.

La surface extérieure de la jante sera soigneusement chariotée et cylindrique.

Les deux faces intérieure et extérieure seront également tournées, de façon à présenter un plan sans aucun manque de matière.

Les saillies du moyeu par rapport à ces mêmes plans des jantes seront celles indiquées aux dessins, c'est-à-dire avec tolérance de 1/2 mm. en plus ou en moins, mais à la condition expresse que l'ensemble des deux saillies intérieure et extérieure, augmentées de la largeur de la jante, c'est-à-dire la longueur du moyeu, reste bien compris entre les limites de 199 à 201 mm. pour les corps de roues de voitures et wagons et dans les limites de tolérances indiquées aux dessins pour les corps de roues de locomotives et tenders.

Les faces planes annulaires, intérieures et extérieures, des moyeux doivent être tournées.

Essais et garantie. — Les vérifications et essais ont lieu dans les proportions suivantes :

Equilibrage { Corps de roues de locomotives et tenders — 1 sur 5.
{ Corps de roues de voitures et wagons — 1 sur 25.

Essai de résistance — 1 sur 100 (sur l'ensemble de la commande) comprenant au besoin des corps de types différents et livrés séparément par un même fournisseur.

Les prélèvements pour essais seront effectués d'après les indications de l'agent réceptionnaire et à son choix, de préférence parmi les corps de roues qui pourraient laisser quelques doutes sur l'état des soudures.

Les corps de roues simples, ne portant ni contrepoids ni moyeu additionnel pour boutons de manivelles, seront équilibrés de façon à ne pas accuser un défaut d'équilibre dépassant 500 gr. appliqués à l'extrémité du rayon extérieur pour les corps de roues de locomotives et tenders, et de 250 gr. pour les corps de roues de voitures et wagons.

L'essai de résistance aura lieu, soit en introduisant des poinçons successifs dans le centre et provoquant ainsi la rupture de la roue; soit en défonçant au pilon, la roue reposant sur une couronne; soit par tout autre moyen au choix de l'agent, de façon à s'assurer de l'état de toutes les soudures et de vérifier la méthode de fabrication.

Les cassures devront présenter des textures saines et sans défaut de soudure, sans trou ni manque de matière.

Il pourra toujours être effectué un découpage du moyeu à la machine-outil, de façon à présenter une section sur laquelle on étudiera à l'acide la direction des lignes de soudures.

Sauf le cas d'accident résultant du service, les fournisseurs resteront garants de leurs corps de roues pendant une période de trois années, à partir de la date de fabrication inscrite sur le moyeu.

Toute rupture de bras ou de moyen, ébranlement des rais dans le moyeu ou dans les contrepoids, dessoudure dans le corps de roue, etc., etc... donneront lieu au retrait du corps de roue qui sera retourné et facturé au fournisseur au prix de la fourniture et pour son poids réel.

Dans le cas où les ruptures et avaries quelconques avant l'expiration du délai de garantie atteindraient 5 0/0 des corps de roues livrés, la Compagnie se réserve expressément le droit de rendre au fournisseur, en les facturant comme il est dit ci-dessus, tous les corps de roues des livraisons correspondantes déjà mis ou prêts à être mis en service.

Digitized by Google

Compagnies américaines. — Le métal employé aux États-Unis pour la fabrication de ces roues est composé d'un mélange de 70 0/0 environ de fonte à l'anthracite avec 30 0/0 de riblons de bonne qualité. La fonte ainsi obtenue, tenace et très dure, donne une résistance à la rupture de 17 kg. environ par mm. carré.

289. Bandages. — Les bandages se font maintenant en acier, mais on trouve sur certains réseaux des bandages en fer encore en service.

Les bandages sont confectionnés en acier assez dur, ne prenant pas la trempe, donnant une résistance comprise entre 55 et 75 kg. environ. En général on s'attache à faire les bandages en acier moins dur que les rails.

Ils sont fabriqués par le laminage de palettes percées d'un trou central pour le passage du cylindre, et ne comportent aucune soudure.

Nous donnerons quelques extraits de cahiers des charges pour la fourniture des bandages.

Chemins de fer de l'ouest. — Les bandages devront être bien arrondis, bien dégauchis; toutefois, il sera accordé les tolérances ci-après : 1 mm. par mètre de diamètre en plus ou en moins sur le diamètre intérieur; 2 mm. en plus et 1 mm. en moins sur l'épaisseur; 0,5 mm. en plus ou en moins sur la largeur et 2 mm. de voile; en outre, il sera admis une tolérance supplémentaire de 1 mm. en plus de celles qui sont indiquées ci-dessus pour l'épaisseur et pour la largeur, mais le poids du métal correspondant à cette tolérance supplémentaire ne sera pas payé par la Compagnie.

Un bandage par coulée et au moins un bandage par lot de 40 sera soumis aux essais ci-après :

Pour l'essai au choc, le bandage sera placé verticalement sur une chabotte en fonte de 10 000 kg. et soumis, sur son sommet, au choc d'un mouton guidé de 1000 kg. Le bandage essayé devra supporter 4 chocs, sans qu'il s'y manifeste aucune crique ni aucun indice de rupture, sous une hauteur de chute de 10 m.

Une éprouvette cylindrique de 16 mm. de diamètre et de 200 mm. de longueur utile, découpée à froid dans la partie du bandage la moins fatiguée par l'épreuve au mouton, sera essayée à la traction. Les charges de rupture par millimètre carré de section et les allongements mesurés sur les 100 mm. comprenant le point de rupture devront atteindre au moins 70 kg. et 15 0/0.

Toutefois, il sera admis les tolérances ci-après : 2 kg. sur la charge de rupture et 1 0/0 sur l'allongement soit compensé par 1 kg. en plus de charge de rupture.

La même éprouvette, chauffée au rouge sombre (*visible dans l'atelier*), et plongée dans l'eau ayant une température de 10 à 20 degrés centigrades, ne devra pas prendre la trempe et devra pouvoir être attaquée par une lime douce.

Chaque bandage, après sa pose sur roues, sera soumis à des coups de marteau donnés à tour de bras, ou par un appareil mécanique produisant des effets équivalents; le marteau aura un poids de 12 kg. ; 2 coups seront appliqués près de chacune des vis ou rivets qui maintiennent le bandage et en des points intermédiaires, de telle sorte que les points de la circonférence soumis à ces coups soient espacés de 0,30 m. au plus.

Les épreuves au marteau seront répétées à chaque tournage, jusqu'à ce que le bandage n'ait plus que 40 mm. d'épaisseur.

Les bandages devront tous subir ces épreuves sans qu'il s'y manifeste aucune crique ni aucun indice de rupture.

Les bandages seront l'objet de deux réceptions : la première réception sera faite dans les ateliers des fournisseurs; la deuxième réception aura lieu à l'époque où l'épaisseur du bandage sera réduite par l'usure en service à 40 mm.

Digitized by Google

Tout bandage mis hors de service avant l'époque fixée pour la deuxième réception par suite de fissure ou de rupture, qu'elle provienne des épreuves au marteau mentionnées ci-dessus ou de toute autre cause, sera rendu aux fournisseurs et leur sera facturé au prix par 100 kg. payé au moment de l'achat; ce prix sera appliqué au poids déterminé comme suit :

1° Si le bandage a été retiré du service avant le premier tournage, on prendra le poids brut de l'origine;

2° Après le premier tournage, on prendra le poids réel que présente le bandage au moment du retrait du service.

Toutefois, la durée de cette garantie n'excédera pas les six années qui suivront la date de la livraison.

CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE. — Les lingots pour la fabrication des bandages sont composés d'acier foudu sur sole, fabriqué par les procédés Martin-Siemens ou Martin-Pernot.

Les fontes employées par la fabrication de l'acier sont des fontes aciéreuses fabriquées exclusivement avec des minerais de fer provenant des mines d'Allevard, de Mokta-el-Hadid et de la Fragua (Espagne).

Les minerais de toute autre provenance sont rigoureusement exclus.

Les fers et les aciers employés concurremment avec les fontes pour la fabrication de l'acier proviennent exclusivement des fontes de la nature ci-dessus définie.

On pourra toutefois employer également les vieux bandages en acier provenant de la fabrication de MM. Ch. Pinat et C^ie^ d'Allevard et les vieux bandages en fer provenant de la fabrication de MM. de Dietrich et C^ie^ de Niederbronn.

Les lingots chauffés au rouge blanc, sont forgés avec des marteaux puissants, de manière à obtenir la compression de la matière et la suppression des vides, l'aplatissement et le perçage du lingot, l'ébauchage de l'anneau et celui de la section du bandage. Ce travail, commencé sur enclumes plates, doit être achevé, soit par un matriçage opéré de façon que le métal soit, en même temps qu'on ébauche l'anneau, refoulé du centre vers les bords de la matrice, soit par un bigornage énergique sur tout le pourtour de l'anneau.

L'anneau ébauché est soumis à une nouvelle chaude au rouge blanc, après laquelle on opère, au laminoir, le dégrossissage et le finissage du bandage.

Après le laminage, les bandages terminés sont refroidis lentement et à l'abri de l'air.

Les bandages refroidis sont soumis une première fois à l'examen des agents de la Compagnie qui rebutent tous ceux qui présentent déjà un ou plusieurs des défauts superficiels pouvant nuire à l'apparence ou au service du bandage.

Les bandages reconnus parfaitement sains sont tous soumis à un recuit effectué par les deux procédés suivant, au choix du fournisseur :

1° *Procédé dit « à la volée »*. — Dans ce procédé, les bandages posés à plat sur la sole d'un four à recuire sont portés successivement au rouge cerise clair pour les bandages de machines et tenders, et au rouge orange clair pour les bandages de voitures et wagons.

Dès que cette température est atteinte également pour tous les bandages, et uniformément pour chaque bandage, on les sort rapidement du four, on les pose sur le sol recouvert de sable ou de fraisil bien sec et on les laisse refroidir complètement, en les abritant de la pluie et des courants d'air, soit par des cloches, soit par des tôles convenablement disposées.

Pendant toute la durée du chauffage, l'allure du feu doit être régulière et l'atmosphère du four constamment réductrice.

Le nombre des bandages soumis au recuit dans une même fournée doit être assez restreint pour qu'on puisse les tourner pendant le chauffage, de façon à chauffer chacun d'eux uniformément et à les porter tous simultanément à la température finale.

On peut employer, pour remplir les mêmes conditions, un four muni d'une sole

Digitized by Google

tournante ou de toute autre disposition reconnue équivalente par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie *P.-L.-M.*

2° *Procédé dit « avec chute de température »*. — Dans ce procédé, les bandages sont placés en assez grand nombre, à plat, sur la sole d'un four à recuire de grandes dimensions, muni de plusieurs foyers. Ils sont élevés progressivement, dans ce four, à la température du rouge cerise clair, pour les bandages de machines et tenders, et du rouge orange clair pour les bandages de voitures et vagons. Pendant ce temps, l'allure du feu doit être régulière et l'atmosphère du four constamment réductrice.

Dès que la température convenable est atteinte, on tombe les grilles de tous les foyers et on admet l'air extérieur dans le four, afin de produire une chute de température de tous les bandages jusqu'au rouge sombre. A ce moment, on bouche toutes les issues du four et on laisse refroidir les bandages complètement, après quoi on procède à leur défournement.

Le four à recuire doit être disposé de façon que le chauffage de tous les bandages soit aussi égal et uniforme que possible; il doit être muni, à cet effet, de registres permettant de régler l'arrivée et la sortie des flammes ; de même, pour la période de chute, l'arrivée de l'air extérieur doit pouvoir se régler de telle sorte que le refroidissement soit aussi égal et uniforme.

L'acier ne doit pas être assez carburé pour prendre la trempe en le plongeant, à la chaleur du rouge sombre, dans l'eau pure à la température de 20° C.

Les bandages doivent être exempts de reprises, soufflures, criques, gerçures, pailles, bavures, manques de matière ou autres défauts quelconques pouvant nuire à l'apparence ou au service du bandage. Les bandages qui présenteraient ces défauts, sont refusés.

Chaque bandage porte sur sa face plane extérieure la marque du fournisseur, le millésime de l'année et le numéro du mois de la fabrication ; il porte également, et immédiatement à la suite, le numéro de la coulée dont il provient; ces marques sont frappées à chaud le plus près possible du centre, et poinçonnées assez profondément pour qu'elles ne soient jamais enlevées par l'usure et le tournage des bandages.

Le fournisseur est tenu de mouler, dans chaque coulée, un ou plusieurs petits lingots qui sont marqués, au poinçon, du numéro de la coulée ; ces lingots sont chauffés et étirés au marteau en barres carrées dont la section est le huitième de la section du lingot. Ces barres sont ensuite recuites, par le procédé dit « à la volée », au rouge cerise clair ou au rouge orange clair, suivant que l'acier est destiné à la fabrication de bandages pour machines et tenders ou de bandages pour voitures et wagons. Dans les barres ainsi préparées, on découpe, à la machine-outil ou au tour, des éprouvettes ayant les dimensions indiquées ci-après, sur lesquelles on reproduit également le numéro de la coulée; ces éprouvettes sont essayées à la traction.

Les bandages fabriqués sont réunis par lots pour être présentés à la réception, chaque lot correspond à une coulée unique et se compose exclusivement de bandages provenant de cette coulée ; néanmoins, par exception, quand le nombre des bandages provenant d'une même coulée ne dépasse pas 25, le fournisseur peut être autorisé à composer un même lot avec des bandages provenant de deux ou même trois coulées, à condition toutefois que les résultats obtenus dans l'essai des barreaux d'épreuves montrent que les propriétés du métal sont sensiblement les mêmes pour toutes ces coulées; mais le nombre de bandages composant un lot provenant ainsi de deux ou de trois coulées ne devra jamais dépasser 50.

Dans chaque lot ainsi constitué, les agents de la Compagnie choisissent un bandage pour être soumis aux épreuves de réception.

Les bandages choisis pour les épreuves de réception sont soumis aux essais suivants :

Epreuve au choc. — 1° On fait tomber de 4,500 m. de hauteur un mouton de 600 kg. sur le sommet du bandage placé de champ et reposant sur une enclume de 10 000 kg.

Digitized by Google

reposant elle-même sur un massif de maçonnerie de 1 m. d'épaisseur et de 3,3 m² de surface à la base. Le bandage doit supporter un premier choc sans qu'il se manifeste aucune crique ou fissure quelconque.

Pour cette épreuve, le poids P du mouton pourra être augmenté jusqu'à 1000 kg. au maximum ; dans ce cas, la hauteur de chute H sera réduite de manière que le produit PH soit toujours égal à 2700 kgm.

Les bandages de machines et tenders de 55 mm. à 65 mm. d'épaisseur doivent supporter, sans se rompre, deux chocs semblables ; ceux de 70 mm. à 80 mm. trois chocs, et ceux dont l'épaisseur dépasse 80 mm. quatre chocs.

L'épreuve est ensuite prolongée jusqu'à la rupture ; les sections de rupture doivent présenter un grain fin, homogène, avec arrachements.

Epreuve par traction. — 2° Dans la partie du bandage la moins fatiguée par l'épreuve au choc, on découpe un tronçon qui est chauffé et étiré au marteau en une barre carrée dont la section est le huitième de la section du bandage. Cette barre est ensuite recuite par le procédé dit *à la volée*, à la même température extrême que l'a été le bandage dont elle provient. Au sortir du four, la bavure est refroidie dans du fraisil bien sec.

Dans la barre ainsi préparée, on découpe un barreau d'épreuve de forme cylindrique ou prismatique à section rectangulaire. La section de ce barreau dans la partie comprise entre les congés des appendices, doit être, autant que possible, de 500 mm² et la longueur de cette partie doit être suffisante pour qu'on puisse y marquer deux repères distants exactement de 200 mm. Toutefois, lorsque la puissance de la machine ou toute autre circonstance oblige à donner à la section cylindrique ou prismatique du barreau une surface inférieure à 500 mm², on lui donne une section moindre S et une longueur telle qu'on puisse placer, entre les appendices, des repères distants d'une longueur l déterminée par la formule $l^2 = 80\ S$, dans laquelle l désigne la distance des repères en millimètres et S la section en millimètres carrés.

Le barreau de traction ainsi préparé est soumis, à des efforts de traction croissant jusqu'à ce que la rupture ait lieu.

La charge initiale par millimètre carré de la section est des 0,8 de la charge minima de rupture indiquée ci-après; cette charge doit être maintenue en action pendant 1/4 de minute, ensuite des charges supplémentaires égales à 500 gr. par chaque millimètre carré de la section primitive du barreau, sont successivement ajoutées à des intervalles réguliers de 1/4 de minute, jusqu'à la rupture.

Le barreau essayé doit présenter les conditions suivantes :

1° La résistance à la rupture doit être comprise entre 72 et 75 kg. par millimètre carré de la section primitive, et l'allongement à la rupture doit être, au minimum, de 15 0/0 de la longueur.

2° Toutefois, si la résistance est inférieure à 72 kg., ce ne sera pas un motif de refus pourvu qu'elle ne descende pas au-dessous de 68 kg. et que chaque kilogramme en moins soit compensé par 1 0/0 d'allongement au-dessus de 14 0/0.

Parcours de garantie. — Le fournisseur est, en outre, responsable des bandages mis en service, pendant tout le temps nécessaire pour que ces bandages effectuent un parcours de garantie égal au parcours normal ci-après défini.

Les bandages de machines et tenders sont retirés du service, soit lorsqu'ils présentent une cassure, fissure ou fente quelconque, soit lorsqu'ils sont usés ou déformés de manière que l'usure ou la déformation ne permette plus de les ramener par tournage à leur profil primitif, tout en leur laissant encore au roulement une épaisseur de 35 mm. au moins s'il s'agit d'un bandage de machine, et de 30 mm. au moins s'il s'agit d'un bandage de tender. Le parcours normal qu'ils doivent avoir effectué, lors de leur retrait du service dans ces conditions, est fixé à 60 000 km. pour les bandages commandés avec une épaisseur au roulement de 55 mm. et un diamètre intérieur de 1 m. ; pour les autres diamètres

Digitized by Google

et la même épaisseur de 55 mm., ce parcours est augmenté proportionnellement à ces diamètres ; ainsi, les parcours normaux sont :

Pour les bandages de 0,055 m. d'épaisseur et 1,000 m. de diamètre intérieur, 60 000 km.

Pour les bandages de 0,055 m. d'épaisseur et 1,100 m. de diamètre intérieur, 66 000 km.

Pour les bandages de 0,055 m. d'épaisseur et 1,200 m. de diamètre intérieur, 72 000 km. et ainsi de suite.

Lorsque la commande indique des épaisseurs au roulement supérieures à 55 mm., les parcours normaux ci-dessus fixés sont augmentés, pour chaque diamètre, proportionnellement à ces épaisseurs, en arrondissant les chiffres par 1 000 km. ; ainsi les parcours normaux sont :

Pour les bandages de 0,075 m. d'épaisseur et de 1,000 m. de diamètre intérieur, 82 000 km. ;

Pour les bandages de 0,075 m. d'épaisseur et de 1,100 m. de diamètre intérieur, 90 000 km. ;

Pour les bandages de 0,075 m. d'épaisseur et de 1,200 m. de diamètre intérieur, 98 000 km., et ainsi de suite.

Lorsqu'un bandage casse ou présente une déformation quelconque : usure, fissure, fente, etc., exigeant le retrait du service, s'il s'agit d'un bandage de machine ou de tender avant d'avoir effectué un parcours minimum égal au tiers du parcours normal indiqué ci-dessus, pour le type correspondant du bandage, ce bandage est rebuté.

Pour les bandages qui sont retirés du service, s'il s'agit d'un bandage de machine ou de tender, après avoir effectué un parcours supérieur au tiers, mais inférieur à la totalité du parcours normal indiqué pour le type correspondant, la Compagnie paye au fournisseur le prix porté sur la soumission ou la commande, réduit dans le rapport du parcours effectué au parcours normal fixé, et le vieux bandage reste, sans indemnité, propriété de la Compagnie.

Les rebuts à la pose ou en service ne pourront plus avoir lieu après un délai de quatre années après la livraison des bandages ; de même, les parcours de garantie doivent être effectués dans le même délai de quatre années ; passé ce délai, les bandages de machines et de tenders et les bandages d'essai de voitures et wagons non encore employés ou encore en service sont considérés comme ayant fourni le parcours normal.

Chemin de fer de Paris a Orléans. — Les lingots pour la fabrication des bandages seront en acier spécial supérieur fondu sur sole.

La fabrication sera conduite de manière que le métal composant les bandages finis soit à grains fins, homogène, d'une dureté parfaitement régulière dans toutes ses parties et tel que, sans être cassant, il résiste bien à l'écrasement ; il devra aussi résister au travail d'embattage et aux chocs en service.

Le mandrinage des bandages laminés ne devra être employé, si la fabrication l'exige, que pour arrondir le bandage à chaud, mais il est exclu comme moyen de mise au diamètre par refroidissement.

Après laminage, les bandages seront recuits au moyen d'un réchauffage prolongé au rouge cerise suivi d'un refroidissement lent dans le four à recuire.

Les bandages devront être exempts de soufflures, criques, gerçures, pailles, bavures, manque de matières ou autres défauts quelconques pouvant nuire à l'apparence ou au bon service.

Afin de constater la qualité du métal, il sera choisi un bandage par coulée pour servir à des épreuves par choc et par traction.

Épreuves par choc. — Dans l'épreuve par choc, le bandage placé de champ sur un point d'appui non élastique, établi avec une chabotte pesant au moins 10 t., devra supporter, sans se rompre, 3 coups d'un mouton de 1 000 kg. tombant de 10 m. de hauteur.

Pour les bandages commandés à 78 mm. d'épaisseur, le nombre de coups de mouton que ces bandages devront supporter sans se rompre sera de 4.

Digitized by Google

Épreuves par traction. — Dans les épreuves par traction, le métal devra donner au minimum la résistance, l'allongement et la striction indiqués dans le tableau ci-dessous pour chacune des qualités ASS, AMD, AMTD :

QUALITÉ	CONDITIONS IMPOSÉES DANS LES ESSAIS A LA TRACTION			
	RÉSISTANCE par mm² R	ALLONGEMENT 0/0 A	STRICTION 0,0 S	VALEUR de R + S
	Kilogrammes.			
ASS	65 à 70	18 à 16	40	105 à 110
AMD	70 à 75	15 à 12	30	100 à 105
AMTD	75 à 80	15 à 12		

Toutefois la striction pourra être inférieure de 5 0/0 pourvu que la somme de la résistance et de cette striction soit au moins égale à 105 pour les bandages ASS et à 100 pour les bandages AMD.

Ces épreuves par traction seront faites au moyen d'éprouvettes de 200 mm. de longueur utile, et d'environ 16 mm. de diamètre découpées à froid dans la partie la moins fatiguée du bandage essayé au choc et prises le plus près possible de la surface extérieure dans les parties correspondant au boudin, au roulement et à l'extérieur.

Chaque bandage essayé au choc sera cassé pour montrer la texture du métal ; la cassure devra présenter de nombreux arrachements.

En outre, des épreuves à l'acide seront faites pour permettre de constater que la matière est bien homogène et sans défaut.

Les bandages qui présenteront soit pendant le travail à l'atelier, soit en service, des défauts imputables à la fabrication et pouvant nuire à leur emploi seront refusés.

En outre, tous les bandages seront garantis pour un parcours de 200 000 km. à effectuer dans un délai de quatre ans ; si, à l'expiration de ce délai, le parcours n'était pas effectué, la garantie cesserait de plein droit.

Les bandages qui n'auront pas satisfait à la clause de garantie seront rendus au fournisseur qui s'engage à les reprendre au prix du dernier marché passé par la Compagnie pour les bandages de même qualité et pour le poids de matière rendue.

Chemins de fer de l'État français. — Les bandages des roues des machines et des tenders seront en acier Martin-Siemens, obtenu exclusivement par le procédé acide avec des fontes et des fers ou aciers de toute première qualité, dont la provenance devra être bien établie ; le produit obtenu devra être un acier parfaitement homogène à grains fins, dur et non sec, résistant parfaitement aux divers travaux d'usinage, embattage, etc. ; chauffé à 300° et plongé dans de l'eau à 18°, il ne devra pas prendre la trempe.

Les lingots destinés à la fabrication des bandages doivent être coulés avec des dimensions suffisantes pour que l'on puisse enlever, à la partie supérieure du lingot, une masselotte d'un poids égal au 1/3 du poids total, la partie inférieure seule devant être utilisée pour les bandages.

Cette partie est, après refroidissement, soigneusement visitée, et les pailles, criques ou autres défauts sont soigneusement ébarbés au burin. Il ne doit pas y avoir de traces de reprises.

Le lingot suffisamment réchauffé est d'abord martelé pour l'ébauche du bandage, puis percé et passé au laminoir ; entre toutes ces opérations, l'ébarbage doit être refait avec le plus grand soin. Une première visite est faite par l'agent des chemins de fer de

Digitized by Google

l'État après le finissage. Les bandages reconnus sans défauts sont ensuite recuits pendant quarante-huit heures, refroidis lentement à l'abri du contact de l'air, et réunis par lots de 20, sur lesquels sont prélevés ceux qui sont définis à l'article ci-dessous.

Les épreuves des bandages soumis à la réception auront lieu à raison de :

Un bandage par lot de 20 bandages de même diamètre et de même coulée, ou par fraction de 20 bandages de même diamètre et de même coulée.

Tous les bandages provenant d'une même coulée reçoivent le numéro de cette coulée ; dans chaque lot on choisit un bandage pour les essais qui se font comme il suit :

Après avoir été chauffé à 300°, puis immergé dans de l'eau à 18° jusqu'à complet refroidissement, le bandage est placé sur une enclume de 10 000 kg. reposant elle-même sur un massif en maçonnerie ayant au moins 1 m. d'épaisseur et 1,800 m. de côté. Le bandage, placé debout sur cette enclume, est soumis au choc d'un mouton guidé de 1000 kg. La hauteur de chute est de 10 m. pour un bandage de 65 mm. d'épaisseur, cette hauteur sera augmentée ou diminuée de 100 mm. pour chaque millimètre d'épaisseur en plus ou en moins.

Le bandage essayé devra supporter 6 coups de mouton sans qu'il se manifeste aucune crique ou indice de rupture. Le bandage est ensuite rompu, et dans la partie la moins fatiguée, on enlève à froid un barreau d'épreuve qui doit donner au minimum 65 kg. de résistance par millimètre carré et un allongement compris entre 15 0/0 et 18 0/0.

Les bandages qui ne remplissent pas ces conditions sont refusés.

Midland Railway. — Les bandages, en acier Martin-Siemens supérieur, devront supporter sans se rompre 5 coups d'un mouton de 1 016 kg. tombant d'une hauteur de 6 m. ; ils subiront une déformation correspondant à une diminution d'un quart de leur diamètre antérieur obtenue au moyen d'une presse hydraulique. La résistance à la rupture devra varier de 66 kg. avec 23 0/0 d'allongement à 71 kg. avec 20 0/0 d'allongement.

London and South Western Railway. — Un bandage par lot doit pouvoir supporter sans se briser le choc d'un mouton de 1 016 kg. tombant successivement des hauteurs suivantes :

3,048 m., 4,572 m., 6,096 m., 7,620 m., 9,144.

Tout bandage qui se brise avant que la déformation ait atteint un sixième de son diamètre extérieur, est refusé.

Les éprouvettes de traction sont découpées à froid dans le bandage sans qu'il subisse aucun recuit. La résistance à la rupture doit être de 72,5 kg. au minimum avec un allongement minimum de 15 0/0 mesuré sur 51 mm. Un morceau de dimensions suffisantes est expédié aux ateliers de Nine Elms pour y subir la même épreuve.

Le fournisseur fournit un bandage d'essai pour chaque lot de 50 pièces.

En cas de rupture d'un bandage, la Compagnie peut refuser tout le lot.

Le numéro de la coulée est poinçonné sur chaque bandage ainsi que le nom du fournisseur et la date de la fabrication.

S'il arrive qu'un lot de 50 bandages appartienne à plus d'une coulée, on peut choisir un bandage d'essai par coulée.

Digitized by Google

CHAPITRE VIII

DISPOSITIONS D'ENSEMBLE ET DE DÉTAIL ET MODE DE CONSTRUCTION DES ORGANES CONSTITUANT LE VÉHICULE

Considérations sur les conditions propres à assurer la stabilité et la douceur de marche des locomotives. — Organes constituant le véhicule. — Châssis. — Longerons. — Traverses. — Boîtes à huile et glissières de plaques de garde. — Suspension. — Essieux droits et coudés. — Roues. — Bandages et modes d'attache. — Dispositions propres à faciliter le passage en courbes : essieux à boîtes radiales, bissels, bogies et trucks articulés. — Accessoires divers.

290. Considérations sur les conditions générales propres à assurer la stabilité et la douceur de marche des locomotives. — La locomotive, considérée en tant que véhicule, doit joindre, à la solidité voulue pour résister aux efforts et aux chocs violents auxquels elle est soumise, et à la souplesse compatible avec les autres conditions imposées à son établissement, nécessaire pour permettre son passage en courbe, la stabilité indispensable à la conservation de la voie et à la sécurité de son fonctionnement.

Nous avons successivement examiné ou nous examinerons les moyens ou les procédés employés pour réaliser ces desiderata et, au cours de la description des types de machines ou du mode de construction des organes, l'influence des principales dispositions d'ensemble ou de détail sur les qualités fondamentales de la machine locomotive.

Il y a lieu de rappeler ici que la stabilité des locomotives peut être considérée dans trois plans différents. La stabilité dans le plan horizontal, celle qui s'oppose à la production du mouvement de lacet lorsque la machine, sous l'action des forces perturbatrices provenant du mouvement des organes du mécanisme, tend à prendre un déplacement angulaire alternatif autour d'un axe vertical, est de beaucoup la plus importante au point de vue de la sécurité et de la fatigue de la voie. La stabilité de la machine dans le plan vertical longitudinal présente, dans les limites usuelles, une importance moins grande; mais on doit s'attacher, comme pour la précédente, à lui donner la valeur maximum. La stabilité dans le plan vertical trans-

Digitized by Google

versal celle qui, variable avec la hauteur du centre de gravité, s'oppose au renversement sous l'action des réactions extérieures ou de la force centrifuge, a une action très différente des précédentes, longtemps méconnue ; sa réduction, nous le verrons, a pour résultat d'améliorer l'allure de la machine et de diminuer la fatigue de la voie.

Nous n'envisagerons pas ici la stabilité de la locomotive au point de vue général et théorique, cette étude ne rentrant pas dans le cadre que nous nous sommes tracé. Les questions relatives aux efforts perturbateurs et aux moyens de les combattre ont été traités analytiquement dans divers ouvrages[1] avec trop de science et de compétence pour que nous soyons justifié à revenir, dans un ouvrage essentiellement pratique, sur une question dont la théorie, devenue classique, est définitivement assise depuis longtemps.

En ce qui concerne l'étude analytique de la stabilité des machines nous renverrons aux travaux antérieurs[2] d'ingénieurs et de savants qui ont su traiter la question avec toute la rigueur scientifique sans jamais perdre de vue les conditions pratiques du fonctionnement. Nous nous sommes contenté d'indiquer, au cours de cet ouvrage, les conditions principales qui influent sur la stabilité des machines, que nous résumerons ici très brièvement.

Pour qu'une locomotive soit stable, il faut qu'elle réunisse les conditions propres à réduire au minimum l'amplitude des déplacements de son centre de gravité liés à ceux des organes alternatifs et de ses mouvements angulaires intermittents, autour de différents axes, dus à l'action des forces intérieures ou extérieures. Pour qu'elle ait une allure douce et régulière, il faut, en outre, que la valeur des réactions sur les rails, proportionnelles à la puissance vive accumulée lors de ces déplacements parasites, soit aussi faible que possible. Ce sont ces conditions que nous allons brièvement résumer.

Nous admettrons, bien entendu, que les organes du mécanisme sont équilibrés au moyen de contrepoids dans la proportion désirable, c'est-à-dire que l'on a entièrement équilibré les organes rotatifs et, de un tiers à un quart les organes alternatifs, suivant la pratique usuelle.

Entraxe des cylindres. — La réduction de l'entraxe des cylindres constitue le moyen le plus connu et le plus répandu pour diminuer les efforts perturbateurs internes susceptibles d'occasionner des mouvements parasites

[1] Entre autres ceux de *Clark* et de *Couche*. Cette question est résumée avec clarté et concision dans l'ouvrage de M. E. Sauvage *La machine locomotive*.

[2] Particulièrement aux savants mémoires de MM. Worms, de Romilly et Nadal, parus dans les *Annales des Mines*. M. Nadal est parvenu à donner de la question une analyse mathématique dont les conclusions sont identiques à celles que l'expérience indique.

Digitized by Google

contraires à la stabilité. Les locomotives à cylindres intérieurs possèdent, on le sait, des avantages très marqués à ce point de vue ; mais on peut contrebalancer en grande partie l'effet perturbateur des cylindres extérieurs en augmentant l'écartement des essieux extrêmes et en supprimant les porte à faux.

Position des cylindres dans le sens longitudinal. — En reportant les cylindres vers le milieu de la machine, c'est-à-dire en rapprochant le plan transversal passant par les glissières du centre de gravité général, on annule une des actions perturbatrices des efforts verticaux sur les glissières, celle qui tend à soulever alternativement l'extrémité avant de la machine et à créer le mouvement dit de *galop*.

Dans les limites où elles sont ordinairement maintenues, les perturbations verticales n'ont pas une grande influence sur la sécurité ; aussi convient-il d'examiner ici plus longuement les procédés propres à réduire l'action des mouvements parasites développés dans le plan horizontal et perpendiculaire à l'axe longitudinal de la machine et qui fatiguent le plus les voies. Il est d'ailleurs à noter que certains de ses moyens ont aussi pour effet de réduire l'action des efforts verticaux.

Empattement et porte à faux. — Les réactions ne sont pas nécessairement proportionnelles à l'amplitude des mouvements bien que leur valeur dépende en grande partie de la vitesse transversale dont sont animés les boudins des roues quand ils arrivent au contact du rail. Elles dépendent aussi et surtout du quotient du moment d'inertie de la locomotive animée, par suite du lacet par exemple, d'un mouvement partiel et alternatif de rotation autour d'un axe vertical, par le bras de levier sur lequel agissent ces réactions, c'est-à-dire par la distance qui sépare le plan vertical passant par l'axe de l'essieu avant du centre instantané de rotation. Pour réduire ces réactions il convient donc de diminuer le moment d'inertie de la machine (en reportant aussi près que possible du centre de gravité général le poids des organes dont la position n'est pas invariablement déterminée et fixée aux extrémités) et d'accroître l'empattement.

Les conditions essentielles de la stabilité, indépendamment de la valeur de l'entraxe des cylindres, résident ainsi dans un fort empattement et dans l'absence de porte à faux importants à l'avant et à l'arrière des essieux extrêmes. De là, nous l'avons vu, l'avantage des locomotives à cylindres intérieurs dans lesquelles ces cylindres peuvent être reportés en arrière jusque près de l'essieu (tandis que les cylindres extérieurs sont en avant des roues directrices, si l'on ne fait pas usage d'un bissel ou d'un bogie, ou si on ne place les cylindres vers le milieu de la machine, l'essieu moteur se trouvant à l'arrière), l'avantage plus grand des dispositions se traduisant par

Digitized by Google

l'addition, en avant des cylindres, d'une paire de roues porteuses et l'inconvénient des dispositions contraires.

L'augmentation de l'écartement des essieux extrêmes présente sous une autre forme cet avantage que, le jeu des boudins sur la voie étant constant, elle entraîne une diminution de l'obliquité que la machine, en alignement droit, peut prendre dans le plan horizontal sous l'action des forces perturbatrices, d'où réduction de la puissance vive éteinte par le choc latéral des boudins des roues extrêmes sur les rails, et de l'angle sous lequel ces boudins attaquent les mêmes rails et par conséquent des chances de déraillement.

L'emploi des bissels, boîtes radiales ou trucks articulés donne le moyen d'accroître l'empattement dans les proportions permettant d'obtenir une bonne stabilité, sans nuire bien au contraire à la souplesse de la machine.

Les locomotives ayant des porte à faux importants, celles par exemple dont le foyer est entièrement en arrière des roues, peuvent effectuer un bon service, mais elles ne sont pas propres aux grandes vitesses. Elles ont en marche, dès que la vitesse dépasse une certaine limite, fort inférieure aux maxima journellement atteints par les trains express, un violent lacet entraînant une grande fatigue de la voie et de leurs propres organes.

Ainsi, en résumé, l'empattement d'une locomotive doit être aussi grand que le permettent les conditions de son service, le rayon minimum des courbes qu'elle doit traverser, le diamètre des plaques tournantes ou des chariots sur lesquels elle doit être manœuvrée. Les dernières de ces conditions limitent l'empattement total, tandis que les premières ne conduisent à réduire que l'écartement des essieux fixes.

La stabilité des machines augmente avec l'empattement tout à la fois par suite de l'accroissement de la base elle-même sur laquelle elle repose et comme résultat de la diminution ou de la suppression des porte à faux. Pour que la machine puisse passer en courbes, si cet empattement total est très grand, on fait entrer dans la constitution de la machine un ou plusieurs essieux à déplacement latéral ou convergent, ou un truck articulé. Cette disposition toutefois s'applique surtout aux locomotives à adhérence partielle, car l'accouplement des essieux libres de prendre un déplacement un peu considérable soit transversal, soit surtout radial, présente de sérieuses difficultés. C'est une des raisons pour lesquelles on a intérêt, comme nous le faisons remarquer ailleurs, à faire porter le poids adhérent sur le minimum possible d'essieux.

C'est surtout dans les locomotives destinées au service des trains rapides que l'on s'attache, pour accroître la stabilité, à augmenter l'empattement total, ce qui est d'autant plus facilement réalisable que ces machines sont appelées à circuler en général sur les lignes à grands rayons de courbure.

Digitized by Google

Hauteur du centre de gravité. — Si la stabilité de la locomotive dans le plan horizontal, autour de l'axe vertical passant par son centre de gravité, doit être aussi grande que possible, on ne saurait en dire autant de sa stabilité de renversement, d'autant plus faible que le centre de gravité est placé plus haut.

Dans son ouvrage sur la locomotive, qui date de 1877, M. Reynolds disait déjà : « De toutes les machines à grande vitesse qui circulent aujourd'hui, ce sont les plus hautes qui présentent la plus grande sécurité. » Cette proposition n'est certes pas un axiome, mais elle est conforme aux faits.

Lorsque les boudins des roues d'une locomotive viennent, d'un côté, frapper le rail sous l'action de l'inertie dans une courbe ou du mouvement de lacet, ils impriment au rail, toutes choses égales d'ailleurs, un choc d'autant plus violent que le centre de gravité de la machine est plus bas. Si on suppose le centre de gravité au niveau du rail, l'effort dû à la force centrifuge sera intégralement transmis à ce dernier ; si le centre de gravité se trouvait reporté à une distance infiniment grande au-dessus de la voie, la machine ne présenterait plus aucune stabilité et, sous l'action d'une force centrifuge infiniment faible, elle basculerait autour du rail extérieur sans exercer d'effort de ripage sensible. Les locomotives se trouvent toutes dans des conditions intermédiaires entre ces deux conditions extrêmes, mais l'on peut déjà conclure de ce qui précède que plus une machine sera haute et moins elle aura tendance à riper la voie ; il suffira, pour que la sécurité soit complète, de lui attribuer une stabilité minimum mais assez grande pour qu'elle ne coure aucun risque de renversement lors de son passage aux plus grandes vitesses dans les courbes du plus faible rayon qu'elle ait à traverser. Or, l'expérience indique que cette limite de sécurité n'est pas dépassée par les plus hautes locomotives américaines [1].

Ainsi, la ligne qui joint l'axe du rail au centre de gravité de la machine faisant avec l'horizontale un angle d'autant plus aigu que le centre de gravité est plus bas, la machine agira d'autant plus obliquement sur ce rail, sous l'action d'efforts transversaux dus au lacet ou à la force centrifuge, qu'elle sera plus haute. Or, et c'est là le point essentiel, la locomotive étant suspendue sur des ressorts, plus son centre de gravité sera élevé et plus grande sera la portion de son poids qui se reportera verticalement sur les roues extérieures, ce qui diminue d'une part la tendance au déraillement en chargeant davantage les roues extérieures et, d'autre part, la tendance à l'élargissement de la voie par la surcharge du rail extérieur. En outre, les ressorts entrant en jeu, cette action se fait sentir progressivement et sans choc brusque, alors que l'effort dû à la force centrifuge, quand la machine a une très grande

[1] Voir notre article paru dans le *Génie civil* du 23 novembre 1895.

Digitized by Google

stabilité, s'exerce brutalement et soudainement. Les anciennes Crampton ripaient les voies, moins parce qu'elles possédaient un grand empattement rigide, qu'en raison de leur excessive stabilité transversale.

Les oscillations transversales de la machine sur la voie, dues au lacet ou à la force centrifuge, entraîneront sur les mentonnets des roues, sur les collets des fusées, les boîtes à graisse et les bras des essieux coudés, des réactions qui seront d'autant plus violentes et soudaines que le centre de gravité du système sera plus bas. Si la machine est très haute, elle aura plus de roulis, ses ressorts entreront en jeu ; en même temps qu'elle sera plus douce sur la voie, elle donnera lieu à une usure et à des chances de rupture des essieux coudés ou des boîtes, sensiblement moindres.

Toutefois, si on allait trop loin dans la voie que nous indiquons, surtout avec des fusées extérieures, on risquerait de produire, au passage des courbes en vitesse, une décharge trop grande des roues intérieures, qui pourraient avoir tendance à dérailler lorsque, à la suite d'une violente réaction, elles seraient reportées contre le rail intérieur. On ne doit pas oublier non plus que si le centre de gravité est très haut, la surcharge des roues extérieures, sous l'action de la force centrifuge, peut être considérable, ce qui est un inconvénient pour les machines dans lesquelles la charge des essieux, à l'état statique, est voisine de la limite imposée par le degré de solidité de la voie ou des ouvrages d'art. Cependant, il paraît certain que cet inconvénient se trouve plus que largement compensé par la diminution des efforts de renversement du rail.

L'élévation de la chaudière présente d'autres avantages sur lesquels nous avons suffisamment insisté dans un précédent chapitre ; elle permet d'accroître le diamètre du corps cylindrique, la surface de la grille si on fait passer celle-ci par-dessus les roues, etc. Elle rend tous les organes intérieurs plus accessibles et facilite leur surveillance, leur entretien et leur graissage. L'aspect général est plus satisfaisant ; les machines hautes sont fort imposantes et donnent tout à la fois une impression de légèreté et de puissance.

De ce qui précède il nous semble que l'on peut, sans s'aventurer, arriver aux conclusions suivantes :

1° Entre certaines limites, qui ne sont atteintes encore ni en Europe, ni même en Amérique, la surélévation du centre de gravité des locomotives n'a que de bons effets. Elle entraîne une diminution de la fatigue des voies et des organes constituant le véhicule de la locomotive : roues, essieux, boîtes à huile et longerons. Elle rend plus doux le roulement des machines, les ressorts entrant mieux en jeu sous l'influence des réactions latérales et au passage des courbes ; elle réduit la tendance au déraillement en accroissant, dans les courbes passées en vitesse, la charge sur le rail extérieur ;

2° La surélévation de la chaudière paraît constituer le procédé le plus pra-

Digitized by Google

tique, le plus simple et le moins coûteux d'accroître la puissance des machines, en permettant de donner au corps cylindrique un diamètre supérieur à l'écartement des bandages ;

3° La chaudière ne constituant, en moyenne, qu'un quart environ du poids des locomotives, en élevant la chaudière d'une quantité donnée, on ne relève le centre de gravité de l'ensemble que du quart environ de cette quantité ;

4° Le centre de gravité des locomotives les plus hautes existant actuellement est beaucoup moins élevé que celui des voitures à voyageurs et des wagons chargés ; on peut donc l'élever notablement sans craindre de porter atteinte à la sécurité.

Les considérations exposées ci-dessus et la constatation de tendances qui s'accentuent de jour en jour, nous portent à penser que l'avenir appartient aux machines hautes; qu'il faudra, coûte que coûte, en arriver à relever les chaudières pour mettre leur puissance en rapport avec les besoins de l'exploitation et afin de diminuer, à mesure que les vitesses augmenteront, l'attaque sur les voies. D'ailleurs, c'est déjà chose faite en Europe depuis deux ou trois ans, sinon dans la proportion où les Américains ont étendu le système, mais du moins dans une mesure très appréciable. L'axe de la chaudière est placé à 2,45 m. du rail, dans les nouvelles locomotives express de l'*Ouest* du *Nord* et du *Midi*, à 2,40 m. dans les machines à 6 roues accouplées de la *Compagnie de l'Ouest* (2 301-2 304).

On a atteint la cote de 2,50 m. en Angleterre (*North Eastern Ry*), de 2,52 m. en Belgique, de 2,58 m. en Autriche. Les Américains restent encore seuls à placer les chaudières de quelques locomotives à une hauteur supérieure à 2,60 m. et s'élevant jusqu'à 2,73 m. (*New-York Central*, *Pennsylvania*, etc.).

En résumé, les locomotives à grand empattement, sans porte à faux (les machines à bogie surtout), à centre de gravité élevé, ont, à toutes les vitesses, une allure remarquablement douce; leur mouvement de lacet, même si les cylindres sont extérieurs, devient négligeable. La théorie montre même et la pratique vérifie que, sur une bonne voie, la stabilité augmente au delà d'une certaine vitesse critique correspondant malheureusement à peu près à la vitesse usuelle des trains express. Ce n'est donc point une question de sécurité qui limite la vitesse des locomotives convenablement proportionnées, circulant sur des voies unies et robustes, à grandes courbnres, mais, nous l'avons vu, une question de puissance.

291. Véhicule. — La chaudière et les cylindres reposent, par l'intermédiaire d'un châssis, de ressorts, de boîtes à huile et de différents organes accessoires, sur des roues dont les essieux sont accouplés en totalité ou en partie. Les essieux qui ne sont pas entraînés par le mouvement des pistons sont dits *porteurs;* ils servent à porter l'excédent de poids, non adhérent, qui

Digitized by Google

n'est pas utilisé pour la propulsion de la machine et du train, fraction du poids de la chaudière, du mécanisme moteur, ou des accessoires. Ces essieux peuvent être reliés d'une manière rigide au châssis, ou jouir d'une certaine convergence et d'un déplacement latéral ; ils peuvent être isolés ou groupés par deux, de manière à constituer un truck articulé ou *bogie*. On les place de préférence à l'avant, mais dans beaucoup de machines ils se trouvent à l'arrière.

D'autres locomotives, au contraire, ont leurs roues motrices et accouplées disposées entre les roues porteuses placées aux extrémités.

Nous renvoyons, pour plus de détails concernant cette question, aux chapitres où nous avons examiné les différents types de locomotives.

Les ingénieurs européens se sont toujours attachés à donner au châssis une grande solidité et une rigidité aussi parfaite que possible considérées par eux comme un des éléments de bon fonctionnement et de durée. Aux États-Unis, où les idées contraires ont toujours prévalu, le châssis est surtout considéré comme devant servir à maintenir l'écartement des essieux, en quelque sorte à jouer le rôle de tirants entre les boîtes des essieux accouplés et moteurs, entre celles-ci et les cylindres, mais sans qu'il possède une raideur ou une rigidité très grandes dans le sens transversal. Ces châssis, peu entretoisés et flexibles, permettent aux machines de circuler facilement dans des courbes raides et de s'adapter à des voies souvent posées très vite et d'entretien parfois négligé.

292. Châssis. — Le châssis de la locomotive se compose de deux, trois ou quatre longerons parallèles à l'axe longitudinal de la machine et reliés entre eux par les traverses extrêmes et par des entretoises intermédiaires (fig. 629 à 637). Ce châssis forme, par son ensemble, un véritable bâti, maintenant les cylindres et l'essieu moteur dans leurs positions relatives, assurant l'invariabilité de l'entraxe des essieux et leur parallélisme, servant à reporter sur les boîtes à huile, par l'intermédiaire des ressorts, la charge de la chaudière, des cylindres et d'autres organes principaux ou secondaires ; enfin à transmettre au train, par l'intermédiaire de l'attelage, l'effort de traction exercé par la locomotive.

Les longerons, qui se placent entre les roues ou au dehors, doivent être rigoureusement parallèles et montés avec le plus grand soin. Ils se composent chacun d'une tôle continue de 22 à 30 mm. d'épaisseur (le plus souvent 25 à 28 mm.) suivant la puissance des machines ou le degré de solidité nécessaire et sont découpés par les ouvertures nécessaires pour le passage des boîtes à huile ou servant à les alléger.

Aux Etats-Unis et sur les nombreuses machines construites en ce pays pour les colonies et l'Amérique du Sud, les longerons ne sont jamais en

Digitized by Google

tôle. Ils sont constitués par des barres de section rectangulaire, forgées et soudées. Vu leur faible hauteur, ces barres permettent une meilleure accessibilité des organes du mécanisme placés à l'intérieur et des boîtes que les longerons en tôle, mais ils sont moins rigides. C'est d'ailleurs, nous l'avons dit, ce que recherchent les ingénieurs américains qui attachent une grande importance à assurer la souplesse de leurs locomotives.

Les entretoises se font généralement en tôle (fig. 631, 633, 634) ; elles sont reliées aux longerons par des cornières rivées ou boulonnées. Quelquefois on les fait en acier moulé (629, 632) ; elles portent alors, venues de fonte, les pattes d'attache sur les longerons. Une de ces entretoises sert à supporter les glissières des tiges de piston ou les guides des tiges de tiroir, quand ces organes sont placés à l'intérieur. Les cylindres, quand ils sont intérieurs, servent d'entretoise à l'avant (fig. 632, 634, 636).

Généralement, dans les locomotives de proportions normales, à cylindres et châssis intérieurs, les longerons sont réunis par les traverses et entretoises suivantes : une traverse à l'avant des cylindres ; une entretoise à l'arrière des cylindres, portant les glissières ; une entretoise immédiatement à l'avant du foyer ; une traverse arrière souvent consolidée par des tôles horizontales et des cornières formant la plate-forme du mécanicien et recevant la cheville d'attelage (fig. 632). Dans les locomotives-tenders (fig. 634), cette traverse spéciale d'attelage est remplacée par une traverse semblable à la traverse d'avant et destinée à l'attelage avec les véhicules ordinaires, fourgons, voitures ou wagons.

Quand les cylindres sont extérieurs (fig. 631), les longerons sont entretoisés, par leur travers, au moyen d'un massif en tôle et cornières, extrêmement massif et rigide.

Quand le corps cylindrique est très long, la chaudière est quelquefois supportée par une ou deux entretoises intermédiaires (fig. 635) au moyen de platines glissantes permettant la dilatation. Nous avons vu, dans un autre chapitre, comment se faisait l'attache de la chaudière sur le châssis.

Les traverses avant sont en tôle et cornières et solidement reliées aux longerons qu'elles dépassent de part et d'autre de manière à protéger les organes du mécanisme extérieur et les roues, mais surtout pour supporter le *trottoir* ou *tablier* de la machine. Ces traverses, comme celles des véhicules ordinaires, portent en leur centre un crochet d'attelage recevant un tendeur, deux chaînes de sûreté placées de part et d'autre et enfin deux tampons situés de chaque côté vers le dehors. Nous reviendrons sur ces questions.

293. Différents types de châssis. — Suivant le nombre des longerons et la position qu'ils occupent par rapport aux roues, les châssis de locomotives se rattachent à quatre types différents, savoir :

Digitized by Google

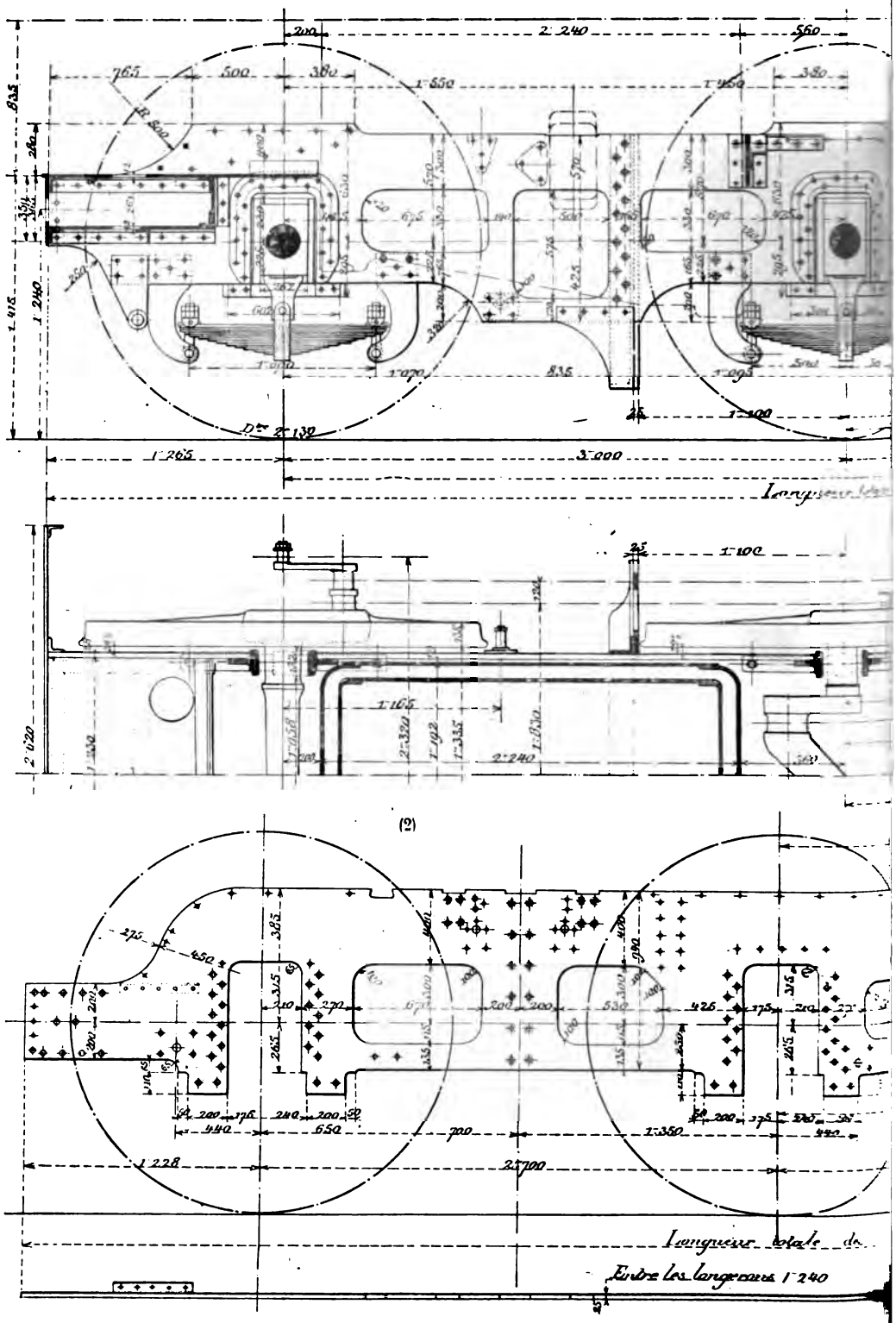
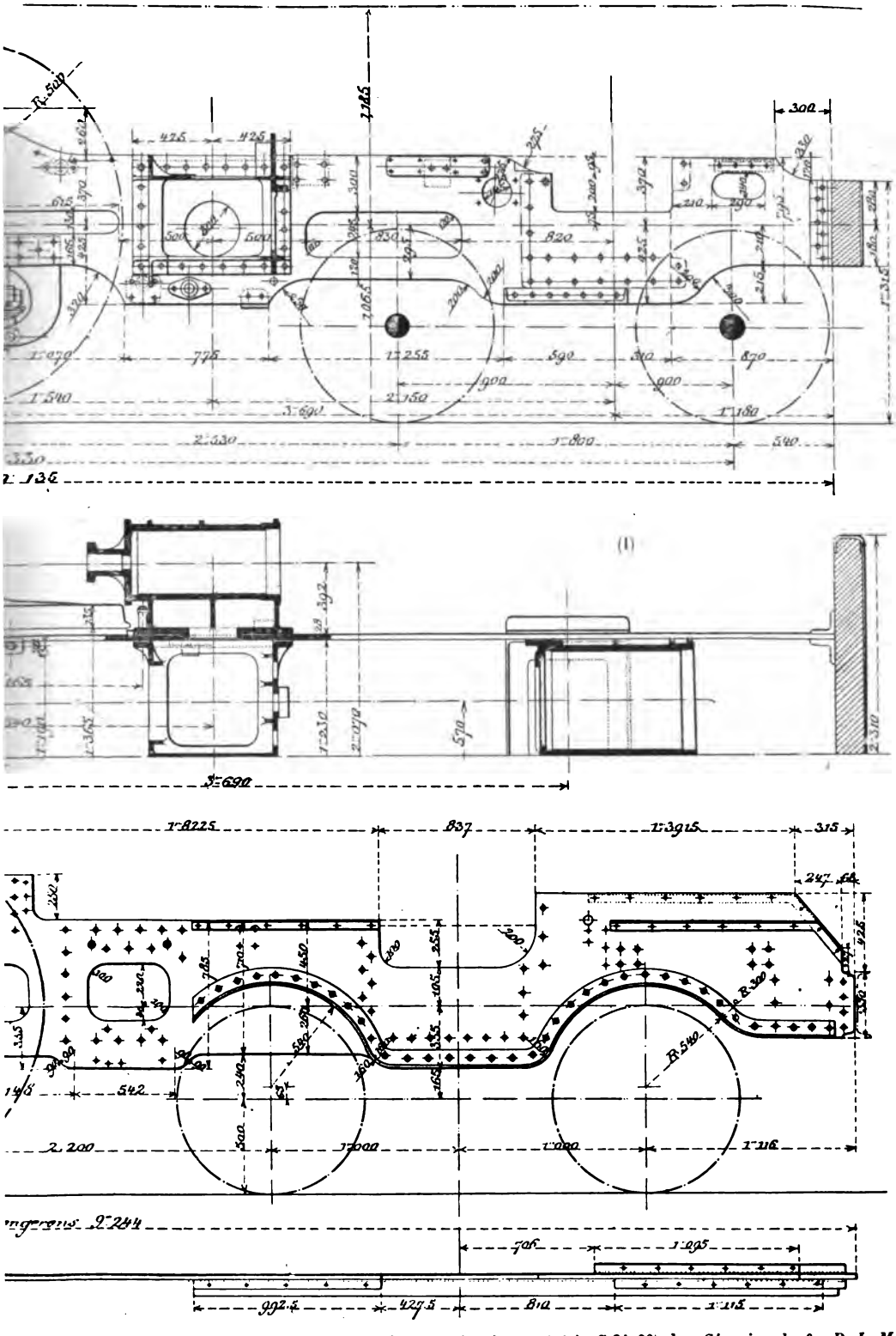


Fig. 629-630. — (1) Châssis des locomotives compound à grande vitesse (série 2138-2157) du *Chemin de*

Digitized by Google



ord ; (2) longerons des locomotives compound à grande vitesse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

Digitized by Google

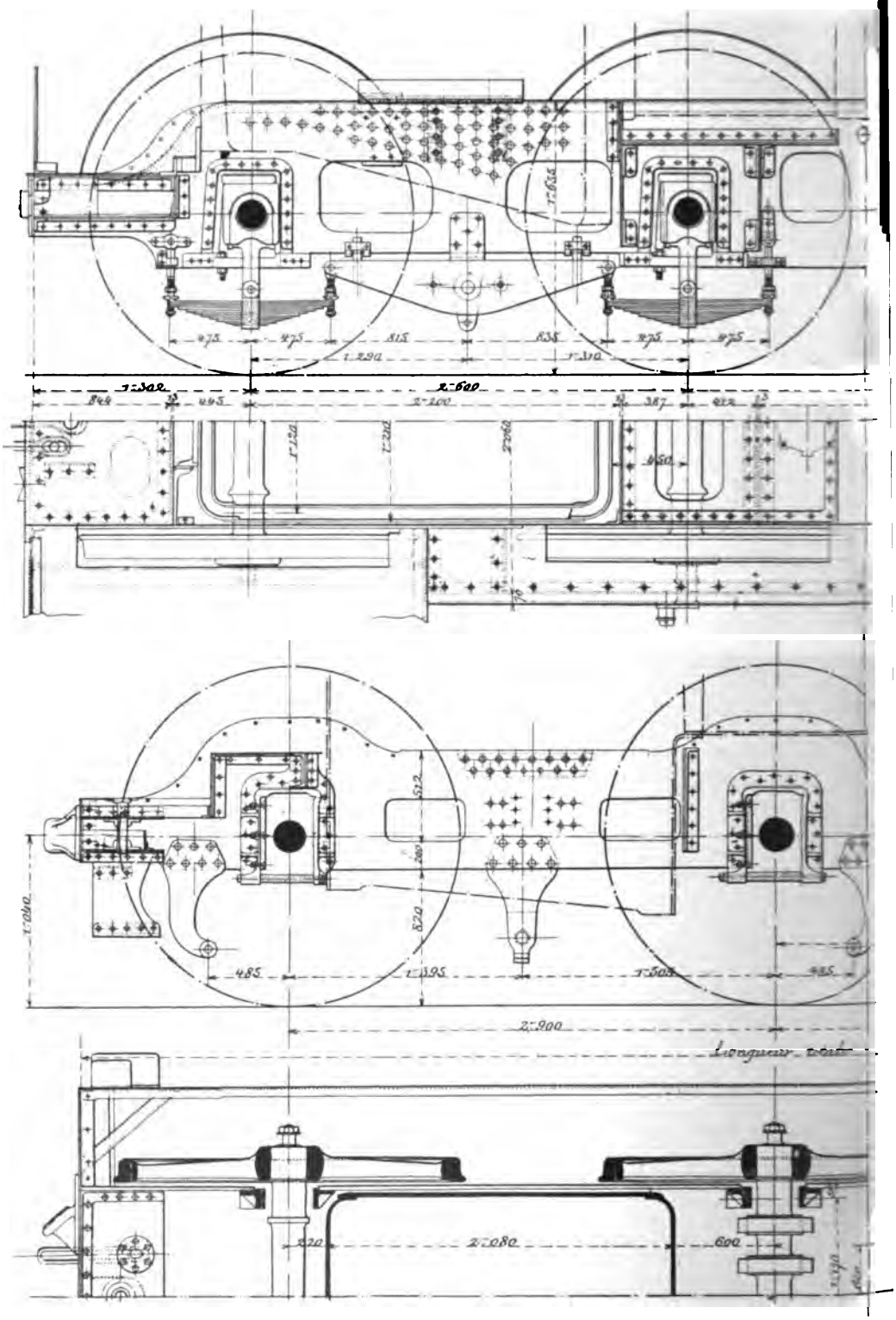
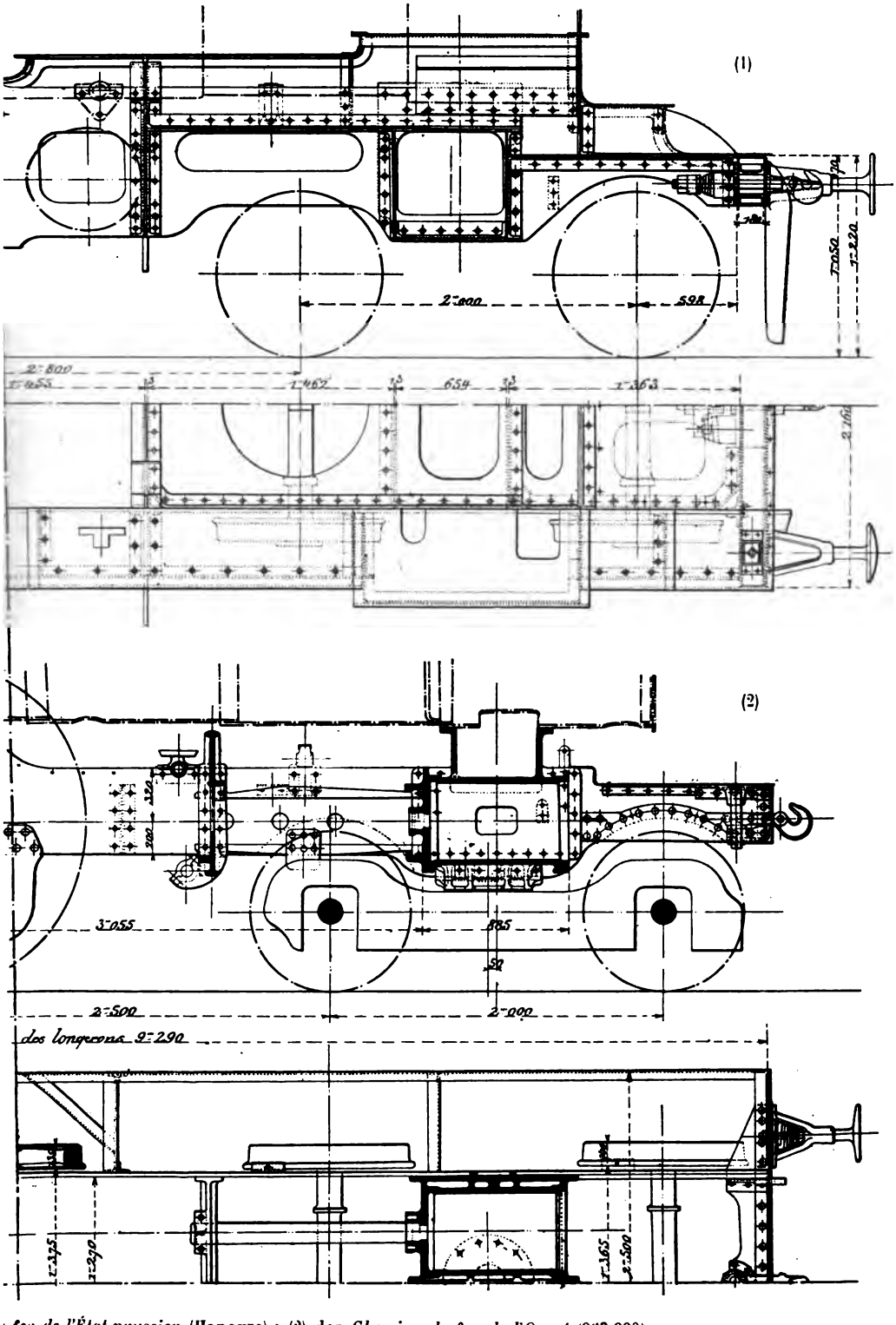


Fig. 631-532. — Châssis des locomotives à grande vitesse et à bogie : (I) des Ch...

Digitized by Google



fer de l'État prussien (Hanovre) ; (2) des *Chemins de fer de l'Ouest* (963-990).

Digitized by Google

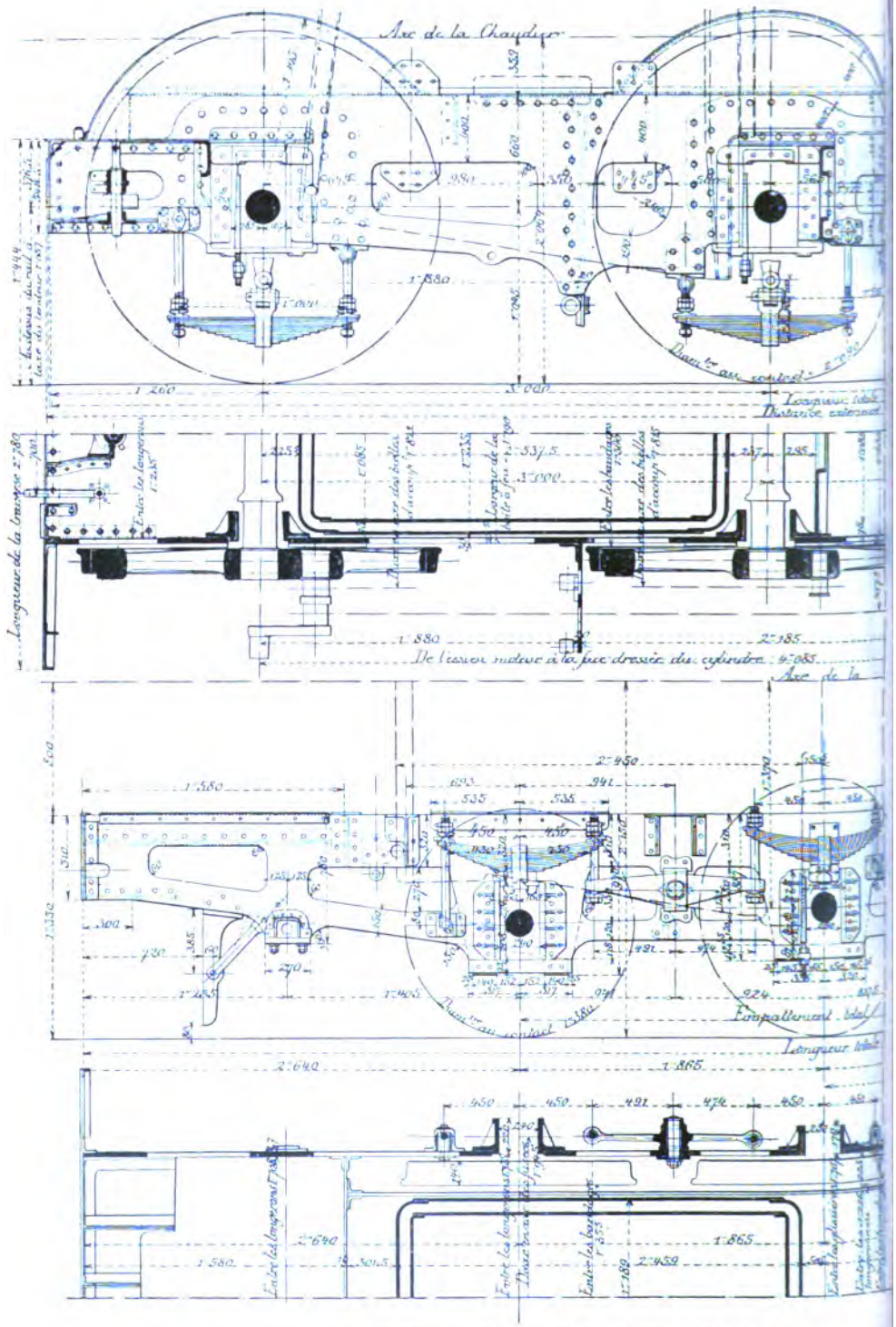
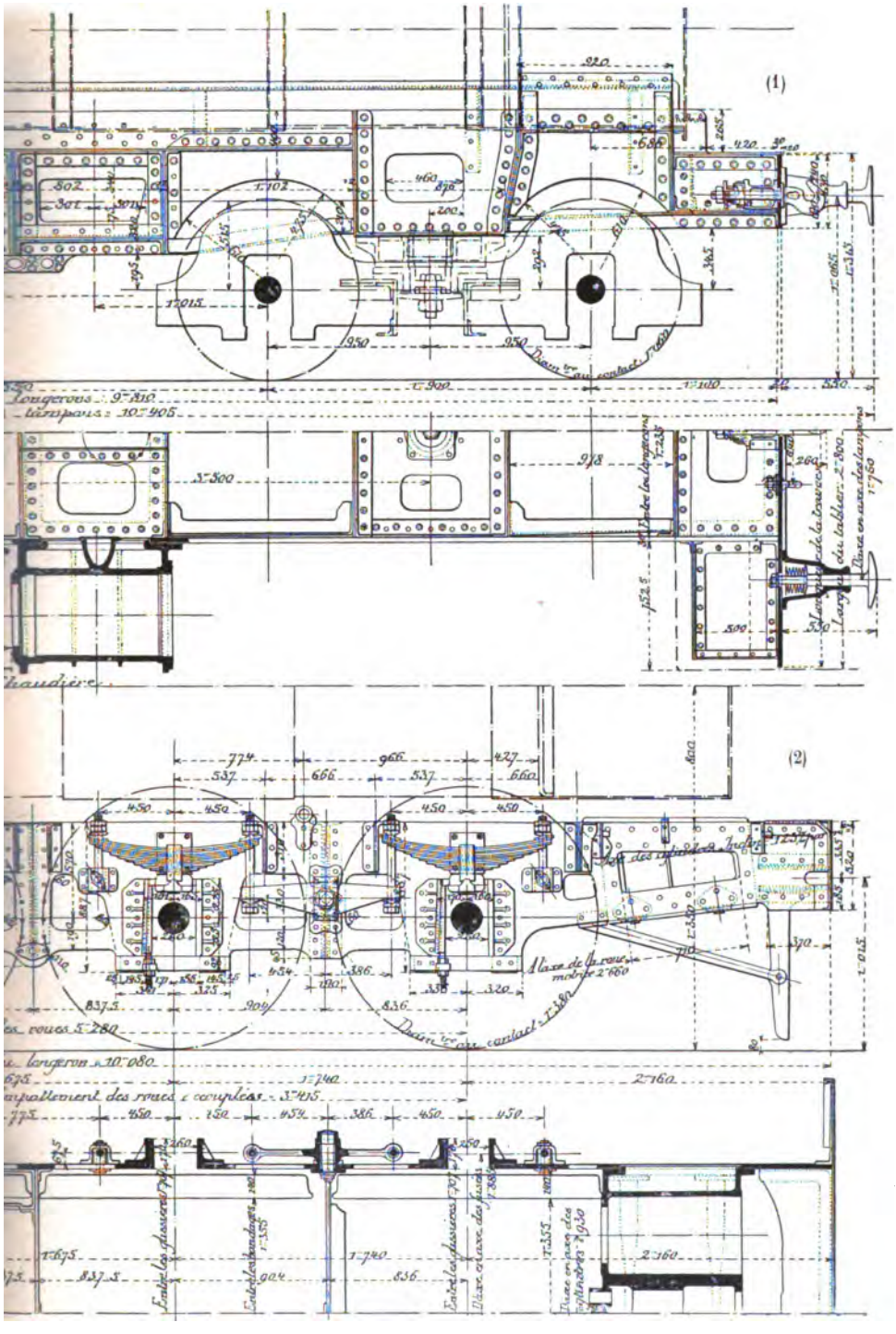


Fig. 633-634. — *Chemins de fer de l'Est.* Châssis des locomotives

Digitized by Google



) à grande vitesse (série 813-824) ; (2) de banlieue (série 729-742).

Digitized by Google

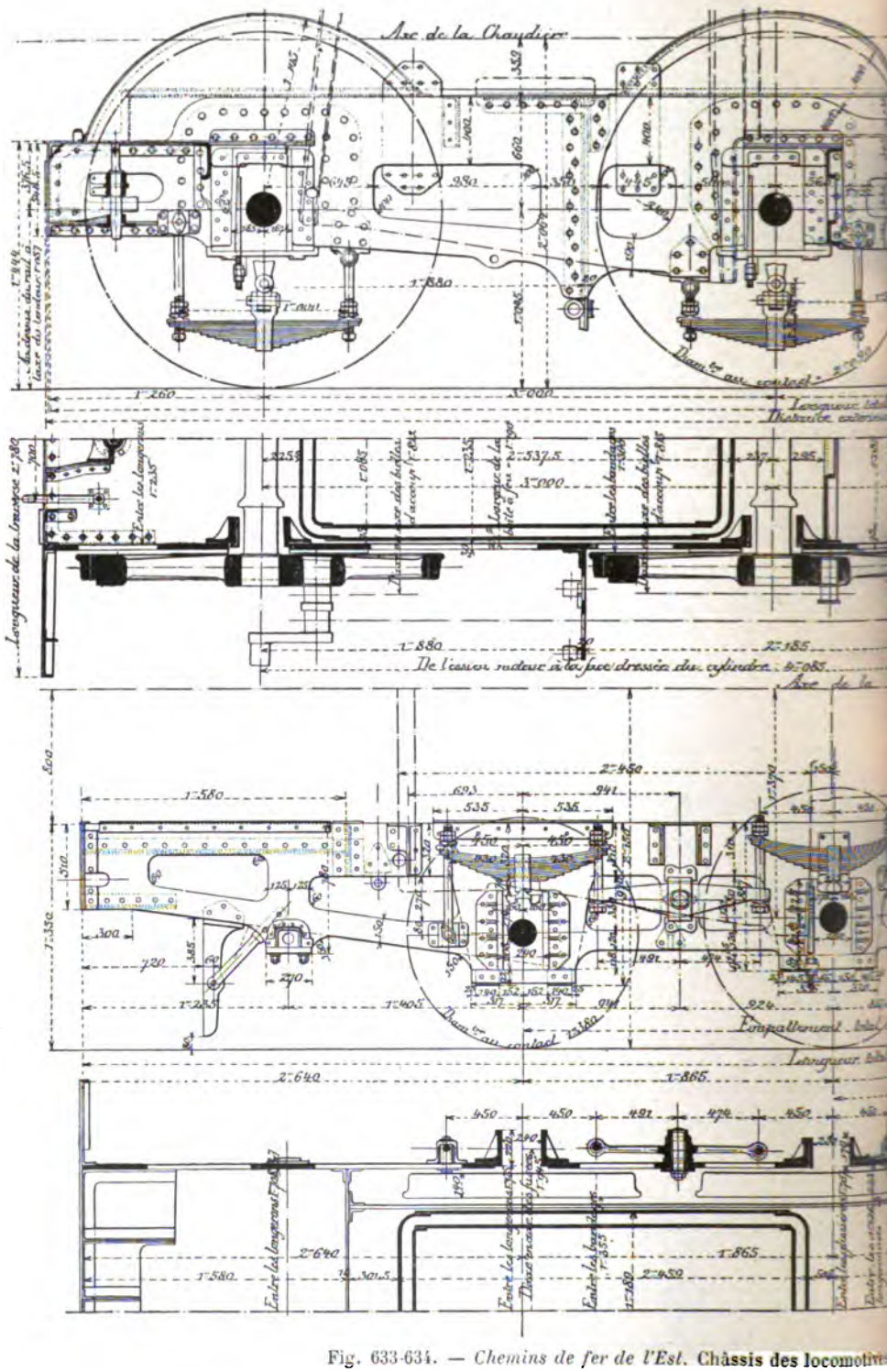
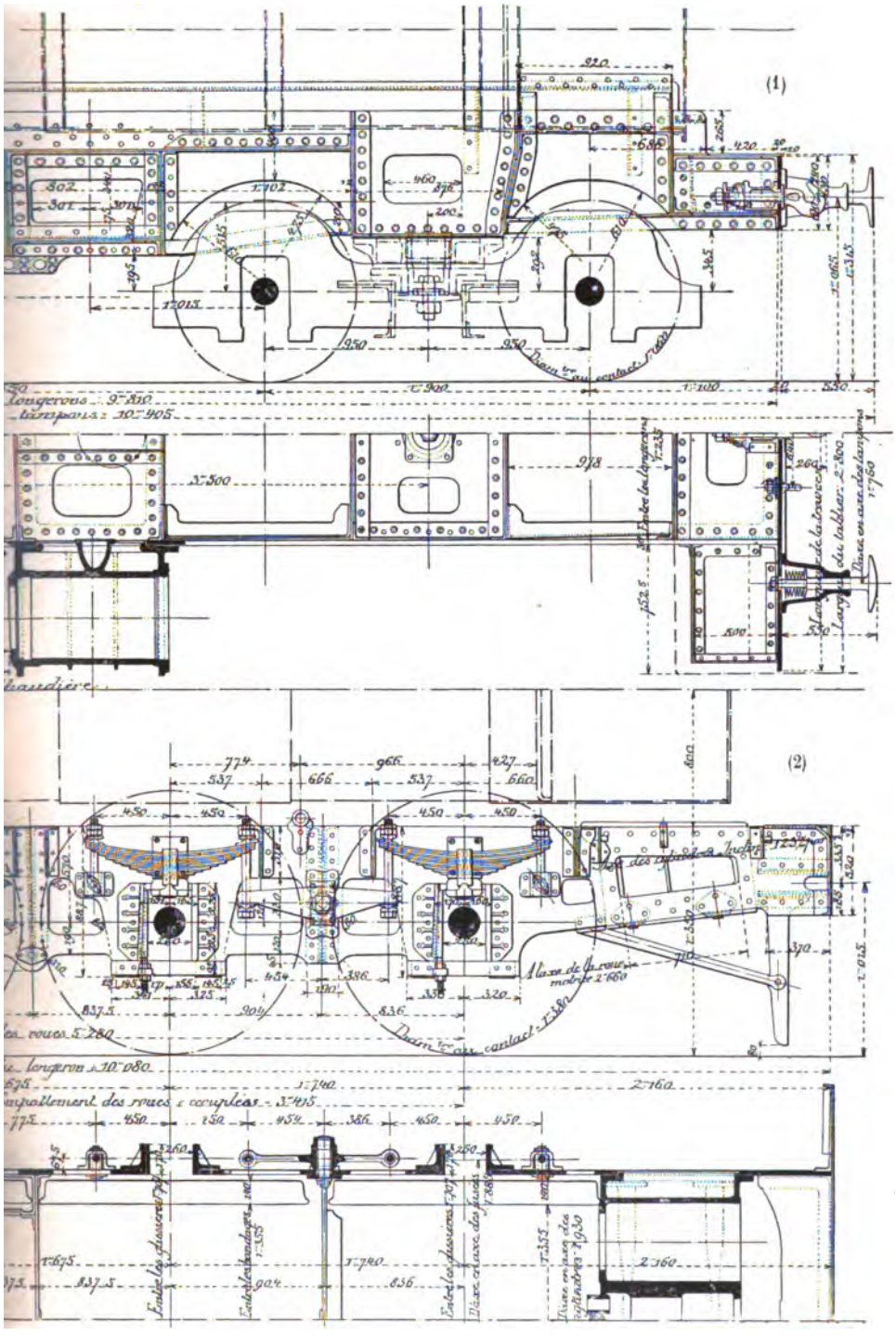


Fig. 633-634. — *Chemins de fer de l'Est.* **Châssis des locomotives**

Digitized by Google



) à grande vitesse (série 813-824) ; (2) de banlieue (série 729-742).

Digitized by Google

1° Les châssis intérieurs ne comportant que deux longerons placés entre les roues ;

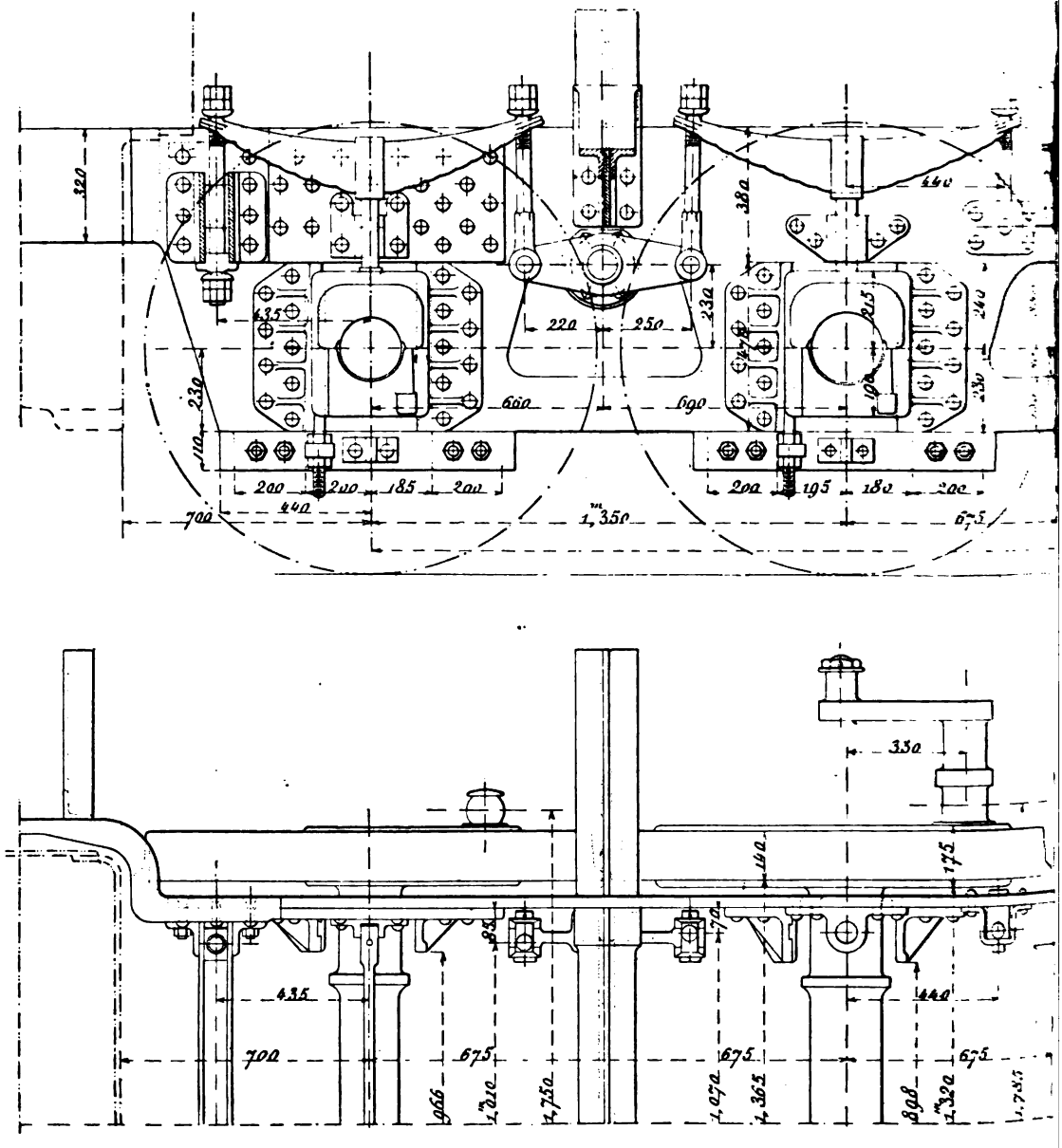
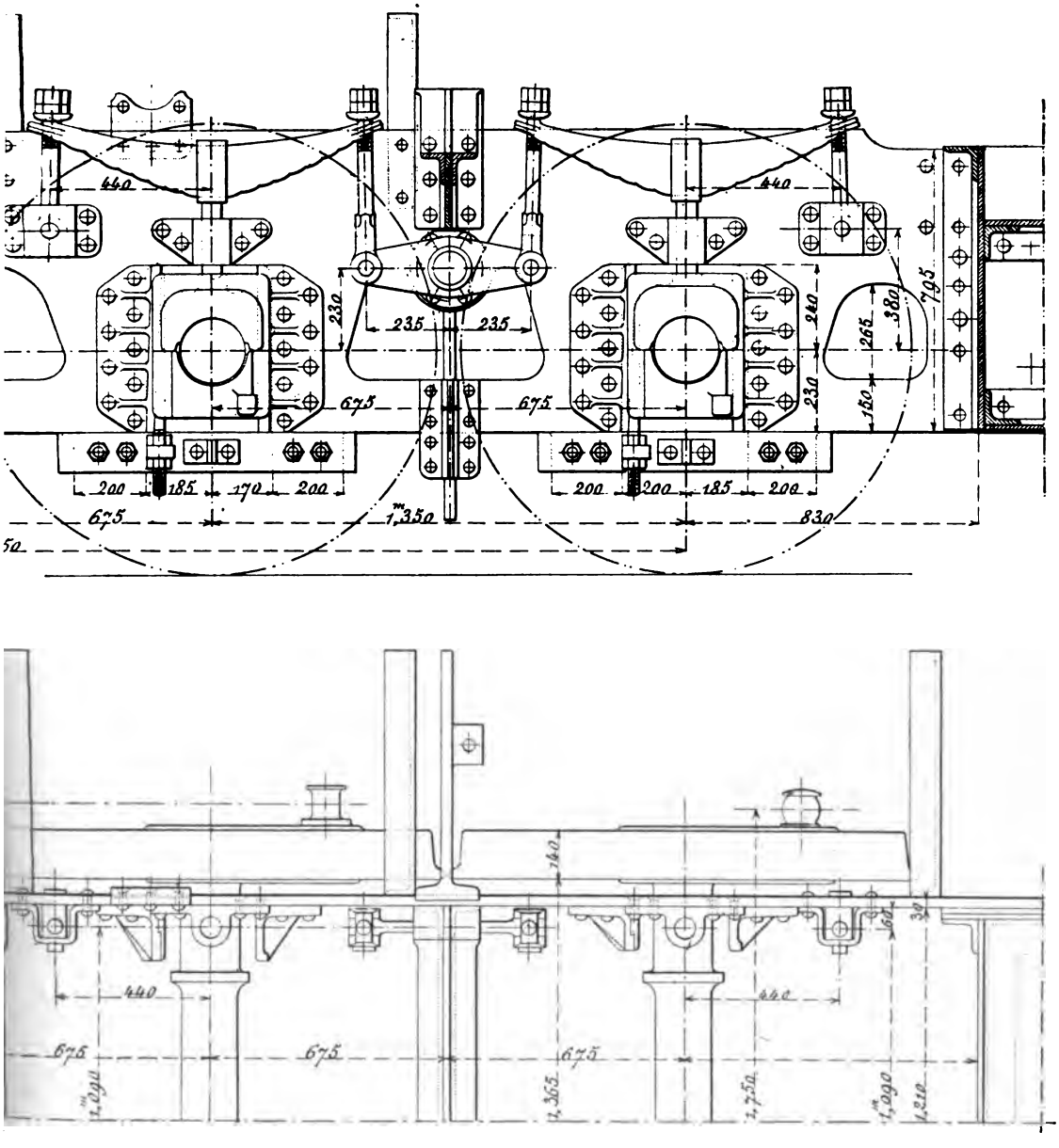


Fig. 635. — Châssis et suspension des locomotives à huit roues

2° Les châssis extérieurs, composés de deux longerons placés de part et d'autre en dehors des roues ; ils comportent, en outre, ordinairement un longeron intérieur disposé dans l'axe et limité, à l'arrière, par une entretoise placée immédiatement à l'avant du foyer ;

Digitized by Google

3° Les châssis doubles, composés de deux paires de longerons encadrant les roues. Ordinairement, les longerons extérieurs seuls portent des boîtes



ouplées (série 1001 4040) des Chemins de fer de l'*État français*.

pour tous les essieux ; les longerons intérieurs ne portent de boîtes que pour l'essieu moteur ;

4° Les châssis mixtes, comportant des longerons principaux intérieurs guidant les boîtes des essieux accouplés ou d'une partie des essieux porteurs

Digitized by Google

et de longeronnets extérieurs qui, le plus souvent, ne s'étendent que sur une faible partie de la longueur et servent à guider les boîtes, extérieures, d'un ou de plusieurs essieux porteurs.

Les châssis intérieurs, seuls usités aux États-Unis, sont de beaucoup les plus répandus en Europe. On les emploie indifféremment avec des cylindres intérieurs ou extérieurs, car ils se prêtent également aux deux dispositions.

Les châssis extérieurs et doubles ne s'emploient qu'avec des cylindres intérieurs, excepté en Autriche. Ils ont été très répandus à une certaine époque, mais sont généralement tombés en défaveur. Les Compagnies fran-

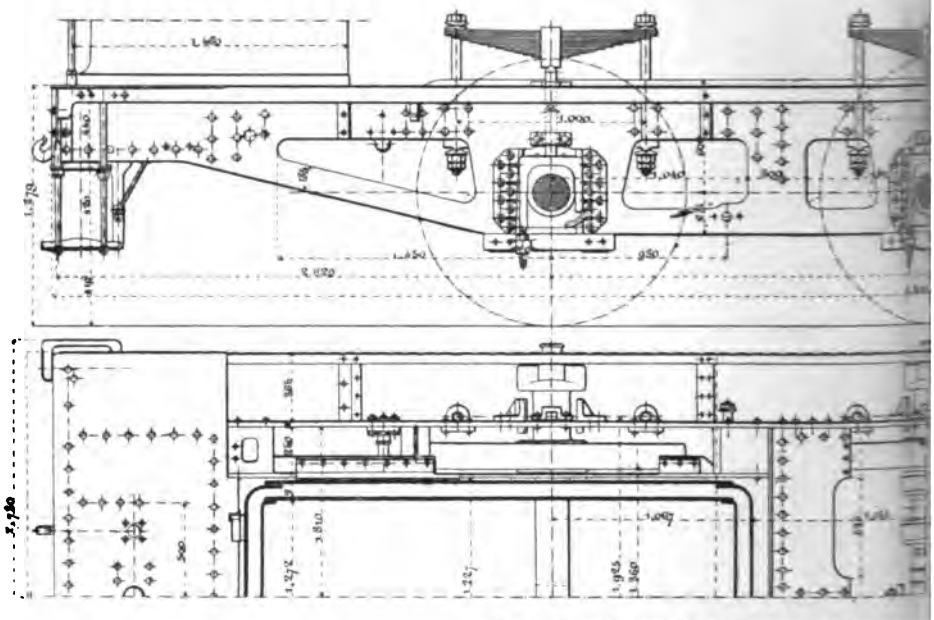


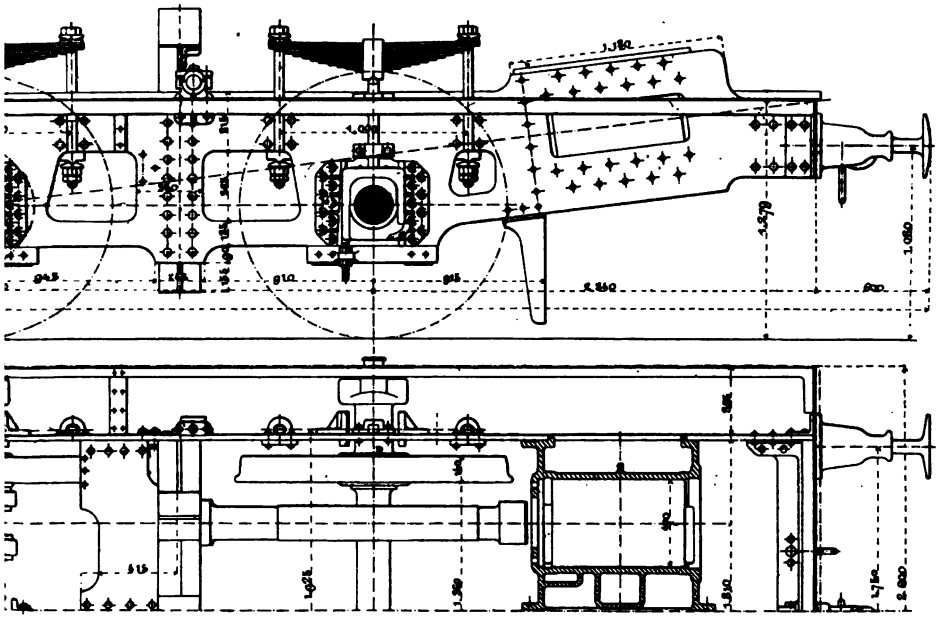
Fig. 636. — Châssis des locomotives à six roues

çaises qui en ont fait le plus d'emploi, sont celles de l'*Ouest* du *Nord*, et de l'*Est*. Cette dernière est à peu près la seule, avec la Compagnie d'*Orléans*, qui en ait continué l'application à des locomotives de construction toute récente (machines de banlieue et de marchandises à six roues accouplées). Les châssis doubles, qui ont dominé autrefois en Angleterre, n'y sont plus guère usités. Les Compagnies du *Midland* et du *Great Western* sont les seules qui en continuent l'emploi, la première pour ses locomotives express à roues libres — nous en donnerons plus loin la raison, — la seconde pour la plupart de ses types de locomotives. Les châssis extérieurs avec longeron médian, qui n'ont jamais au contraire été appliqués sur les locomotives construites dans les ateliers de la Grande-Bretagne, sont usités d'une manière exclusive par l'administration de l'*État belge* qui continue à se déclarer satisfaite de leur emploi. On les retrouve en Autriche sur beaucoup de locomotives,

Digitized by Google

particulièrement celles des réseaux *Nord-Empereur-Ferdinand* et de l'*État*. Toutefois, les machines autrichiennes, étant à cylindres extérieurs, ne comportent pas de longeron médian.

Les châssis mixtes sont très employés en France, on les retrouve sur les locomotives mixtes (machines 2413-2631) de la Compagnie du *Nord* (fig. 11), sur plusieurs séries d'express et sur les machines mixtes (501 à 562) de la Compagnie de l'*Est* (fig. 12 et 13); sur les express du type 1879 (111-400) de la Compagnie de *P.-L.-M.*; sur toutes les machines à grande vitesse de la Compagnie d'*Orléans* (fig. 21 à 25), etc. Ils sont usités en Angleterre sur la plu-



couplées (série 3001-3015) des *Chemins de fer de l'Est*.

part des locomotives à quatre roues accouplées et à trois essieux. L'emploi du bogie pour les locomotives de cette catégorie entraîne leur suppression.

294. Châssis intérieur. — Les châssis intérieurs se composent de deux longerons placés entre les roues à une distance aussi grande que possible l'un de l'autre afin de faciliter l'installation du foyer et des organes du mécanismes qui peuvent eux-mêmes être intérieurs. Cet écartement intérieur varie de 1,21 m. à 1,27 m.; les cotes de 1,23 m. et 1,24 m. sont les plus usuelles en France. Dans les machines à cylindres intérieurs de la Compagnie de l'*Ouest* et dans la plupart des machines anglaises, l'écartement des longerons atteint 1,27 m.

Les plaques de garde sont placées à l'intérieur.

Les longerons ont une forme très irrégulière, d'ailleurs variable suivant

Digitized by Google

le type de machine adopté ; on y pratique, pour les alléger, des ouvertures dans tous les points où cela est possibla.

Dans les locomotives à bogie, on doit ménager le jeu nécessaire pour le déplacement transversal tout au moins de la paire de roues avant. On emploie pour cela divers procédés. Dans la plupart des locomotives anglaises, les longerons sont resserrés à l'avant, soit par pliage et emboutissage, soit plus souvent par soudure d'une portion en retrait dans la partie avant. La présence des cylindres, quand ils sont intérieurs, rend parfois ce rétrécissement impossible ; on évide alors le longeron vers le bas, pour laisser le passage de la roue du bogie. Pour qu'il ait alors une section suffisante, ou bien on le renfle vers le haut (fig. 631), ou bien on le renforce d'une cornière (fig. 630-631). Les constructeurs écossais emboutissent le longeron vers l'intérieur, par le travers des roues avant du truck, en forme de cuvette. Pour éviter de faire subir aux longerons un travail de forge coûteux et difficile à cause de la grande dimension des pièces, la Compagnie de l'*Ouest* coupe le longeron au droit des roues avant (fig. 632) sans le renforcer vers le haut.

Elle consolide le point faible résultant de cette découpure par une tôle de même épaisseur, rapportée intérieurement et rivée au longeron, qui se trouve en retrait sur celui-ci. Si une telle disposition ne suffisait pas, on pourrait, afin d'augmenter le déport intérieur de la pièce rapportée, interposer une cale ou l'emboutir.

On trouvera, figures 629 à 633, les reproductions, en élévation et en plan, d'un certain nombre de châssis intérieurs qui pourront servir à fixer les idées.

295. Châssis extérieur. — Les longerons sont placés en dehors des roues, à une distance aussi faible que possible, de manière à obtenir un écartement intérieur de 1,700 m. à 1,800 m. A cet effet, les glissières des plaques de garde sont généralement placées au dehors ; elles affectent toutefois la disposition contraire dans la plupart des machines anglaises.

Les longerons ne diffèrent pas en principe par leur forme de ceux des châssis intérieurs. Il faut toutefois que le tablier soit assez haut pour laisser le passage des manivelles d'accouplement et à cet effet le dessus des longerons, sur lequel sont placés les tiroirs, est arrondi par le travers des essieux accouplés. On trouvera l'exemple d'une telle disposition sur les locomotives à grande vitesse (type Outrance, fig. 6) et sur les machines mixtes à six roues accouplées de la Compagnie du *Nord* ainsi que sur la machine anglaise de la figure 103.

L'écartement entre les axes des fusées des essieux moteurs pouvant, dans les locomotives à châssis extérieur, s'élever à 1,95 m., on peut craindre que cet essieu ne subisse une fatigue exagérée sous l'action de la poussée des

Digitized by Google

pistons. Aussi, on ajoute presque toujours un longeronnet central médian qui vient se boulonner d'une part à l'arrière des cylindres, d'autre part à une entretoise placée entre l'essieu moteur et le foyer (fig. 636). Ce longeronnet agit surtout comme un tirant en empêchant la flexion de l'essieu moteur qui tourne dans une boîte prise entre des glissières solidaires de ce longeronnet supplémentaire. Cette boîte est chargée par un ressort et porte une très faible charge : 2 à 3 tonnes par exemple.

Dans plusieurs types de locomotive de l'*État belge*, le longeron médian n'est pas fixé sur l'arrière ; il est articulé à l'avant sur un bouton solidaire du massif des cylindres et suit les oscillations verticales de l'essieu, étant relié directement à la boîte à huile centrale. C'est bien alors un véritable tirant plutôt qu'un longeron (fig. 440).

Les longerons extérieurs ne pouvant s'entretoiser par le travers des roues, si le foyer est très long et se trouve encadré par des roues de grand diamètre, le châssis présentera sur l'arrière un entretoisement absolument insuffisant. Dès lors, on est parfois amené à ajouter dans cette partie une portion de châssis intérieur relié par de solides entretoises aux longerons extérieurs. On en verra (fig. 634 et 636) deux dispositions appartenant à des locomotives de la Compagnie de l'*Est*.

296. Châssis double. — Les roues passent entre deux cours de longerons parallèles placés de part et d'autre. Le longeron extérieur porte des boîtes pour tous les essieux, sauf ceux du bogie quand la machine comporte un truck articulé et le longeron intérieur n'en possède que pour l'essieu moteur. Les deux cours de longerons sont reliés par des entretoises rapprochées (fig. 637).

L'essieu moteur comporte avec ce système quatre fusées dont deux intérieures et deux extérieures, ce qui permet de donner à chacune moins de longueur et facilite l'installation des organes intérieurs du mécanisme.

297. Châssis mixte. — Tout châssis mixte se compose d'abord d'un châssis intérieur à peu près semblable à celui que nous avons décrit plus haut, mais qui, le plus souvent, ne porte de boîtes que pour les essieux moteurs et accouplés, puis d'un châssis extérieur moins important ne comportant de boîtes que pour les essieux porteurs. Ces châssis ne sont employés que pour les locomotives à adhérence partielle, particulièrement pour les machines à quatre roues accouplées.

On peut en distinguer deux types. Le premier, qui se rattache au châssis double, directement dérivé du châssis Crampton, se retrouve sur les locomotives à grande vitesse de la Compagnie de l'*Est* (mach. 501-562, fig. 12). Les cylindres, extérieurs, sont placés de part et d'autres entre deux longerons,

Digitized by Google

établis suivant toute la longueur de la machine; l'un, intérieur, porte les boîtes des deux essieux accouplés arrière; l'autre, un peu moins haut ou moins épais, porte les boîtes de l'essieu moteur placé à l'avant. Ces deux longerons sont réunis par des entretoises de distance en distance et forment une ensemble solide, mais assez lourd.

Ce genre de châssis, sous une forme un peu différente, est très usité en Angleterre pour les machines à roues libres (*Great Northern*, *Great Eastern*) (fig. 75), ou à quatre roues accouplées (*Midland*, anciennes machines (fig. 95); mêmes Compagnies que ci-dessus; *London and South Western* (fig. 86), etc.).

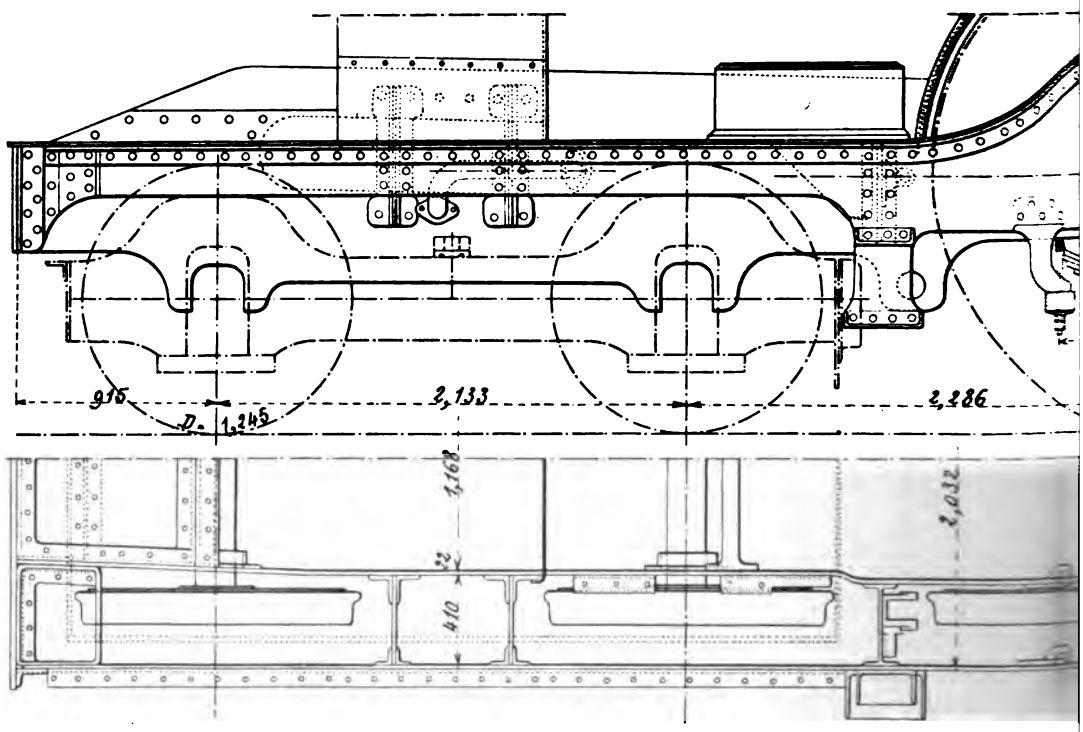


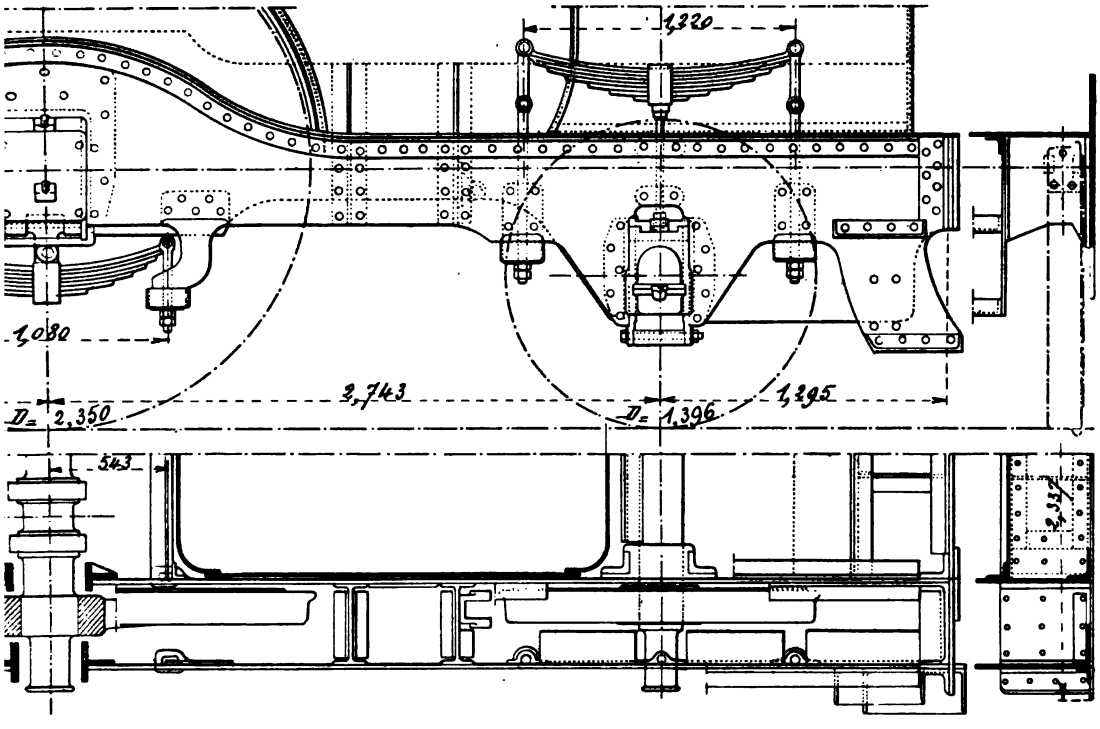
Fig. 637. — Type de châssis double. Locom t.v

Le châssis extérieur portant les boîtes du ou des essieux porteurs se continue sur toute la longueur de la machine sous forme d'une tôle de faible hauteur armant le dessous du tablier. On trouvera des exemples de cette disposition, toujours adoptée aujourd'hui avec des cylindres intérieurs, dans la première partie de cet ouvrage.

Dans le second dispositif, on ajoute simplement de chaque côté, par le travers de l'essieu porteur, un petit longeronnet qui porte des glissières de plaque de garde pour les boîtes de cet essieu et se trouve rattaché au longeron principal par des entretoises rivées qui encadrent la roue porteuse. Ce dispositif est particulièrement adopté pour les locomotives ayant un essieu

Digitized by Google

non accouplé à l'arrière, passant sous le foyer, surtout si l'on désire ne pas relever la chaudière. On peut alors faire passer le cadre à une très faible distance au-dessus de l'essieu porteur, pour les raisons que nous avons expliquées ailleurs. En outre, les boîtes peuvent être reportées au dehors et sont moins exposées à chauffer que dans le voisinage immédiat du foyer. C'est la disposition appliquée aux machines mixtes du *Nord* et de l'*Est*, aux locomotives à grande vitesse de la Compagnie d'*Orléans* et aux machines de la Compagnie *P.-L.-M.* (séries 111-400 et 3001-3140) (fig. 11, 12, 13, 21 à 25 et détail fig. 638).



oues libres du *Great Western Railway*.

298. Comparaison entre les châssis intérieurs et extérieurs. — Le principal avantage des châssis extérieurs est de faciliter l'élargissement du foyer et l'installation des cylindres et des organes de la suspension en augmentant l'espace disponible transversalement, de reporter au dehors les boîtes des essieux et de les rendre plus accessibles pour leur graissage ou leur visite. Ils permettent en outre, quand les cylindres sont intérieurs, de donner plus de longueur aux fusées de l'essieu moteur qui ne se trouvent plus resserrées entre le moyeu des roues et les manivelles. Leurs inconvénients par contre sont nombreux. Ils ne se prêtent pas facilement à l'entretoisement, car on ne peut placer d'entretoises par le travers des roues. Quand le foyer est long, on

Digitized by Google

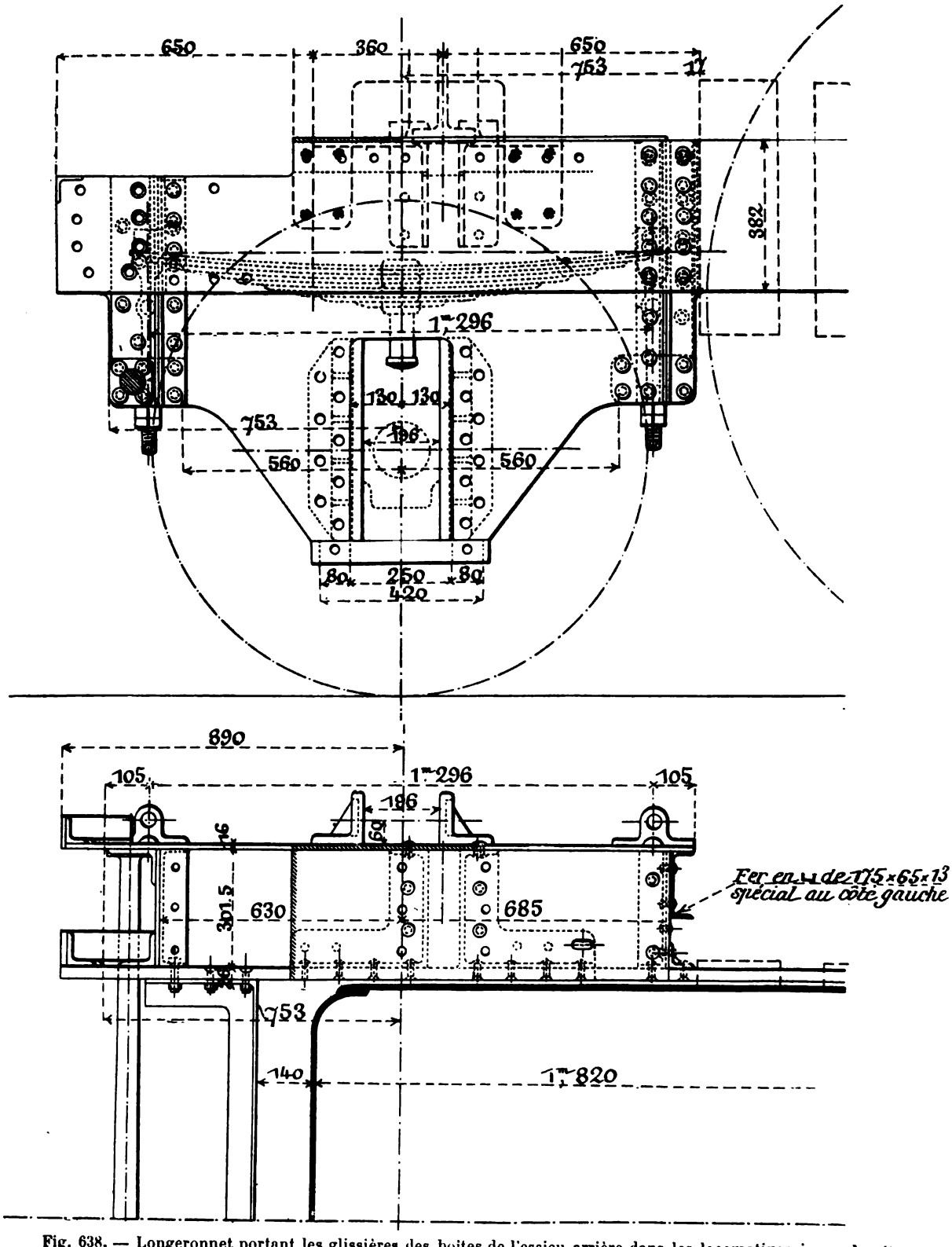


Fig. 638. — Longeronnet portant les glissières des boîtes de l'essieu arrière dans les locomotives à grande vitesse (série 77-86) du *Chemin de fer d'Orléans*.

Digitized by Google

doit, pour remédier à cet inconvénient qui prend une importance capitale, établir des consolidations coûteuses. En outre, on est parfois conduit à disposer, de chaque côté, des longeronnets intérieurs qui enlèvent au châssis extérieur un des principaux avantages qui est de permettre l'élargissement de la boîte à feu. Il faut rapporter un longeron médian servant de guide à une boîte centrale de l'essieu moteur maintenant l'essieu coudé et empêchant sa flexion, sous l'action de la vapeur, entre les boîtes principales qui se trouvent plus éloignées. Le poids des châssis de ce genre est plus grand que celui des châssis intérieurs en raison de toutes les consolidations et additions qu'ils nécessitent et de la plus grande longueur des entretoises et des traverses extrêmes.

Ils offrent moins de sécurité parce que les fusées, étant chargées extérieurement, peuvent, par suite de fortes dénivellations de la voie, de surcharges s'opérant brusquement d'un côté, au passage des courbes par exemple, par l'effet de la force centrifuge ou par suite d'effets encore mal définis, entraîner un déraillement résultat du soulèvement de la roue opposée. Il en est tellement ainsi que certaines Compagnies ont compris la nécessité d'ajouter, aux essieux porteurs de leurs locomotives à châssis extérieur, une boîte centrale chargée de quelques tonnes ou un balancier transversal empêchant ce soulèvement d'un côté de l'essieu.

Ils se prêtent mal à l'emploi des cylindres extérieurs dont l'entraxe se trouverait trop grand pour permettre leur inscription dans le gabarit pour les fortes machines et donnerait lieu à des efforts perturbateurs plus marqués (l'Autriche est le seul pays où on emploie couramment, sur la voie normale, les cylindres extérieurs avec des châssis également extérieurs, mais les vitesses sont moins considérables et le gabarit est plus large qu'en France). Quand les cylindres sont intérieurs, ils ne permettent pas de les reculer vers l'arrière aussi près que possible de l'essieu avant pour diminuer le porte à faux, ce qui supprime un des principaux avantages des cylindres intérieurs.

Les longerons doubles, encore assez employés en Angleterre et, jusque dans ces dernières années, usités par la Compagnie du *Nord* (type Outrance), ont l'avantage de présenter une très grande solidité et une rigidité parfaite, ils conviennent particulièrement aux locomotives dans lesquelles l'essieu moteur est très chargé (*Great Western*, *Midland*) (fig. 78 à 81) puisqu'ils permettent de placer une boîte de chaque côté des roues motrices; on peut ainsi obtenir de grandes surfaces de portage sur les fusées; les ressorts, divisés chacun en deux fractions, sont plus maniables lors des démontages, moins encombrants et plus faciles à installer. En outre, la sécurité est très grande, l'essieu moteur fatigue moins et sa rupture éventuelle au corps n'entraîne pas fatalement un déraillement, chacune des roues motrices étant

Digitized by Google

chargée de part et d'autre et maintenue, comme une roue de brouette, des deux côtés. Malheureusement, ces châssis sont encore plus lourds et plus coûteux que les précédents; aussi y renonce-t-on peu à peu.

Les longerons intérieurs ont pour eux l'avantage de la simplicité et de la légèreté et on les préfère aujourd'hui presque partout. Cependant les

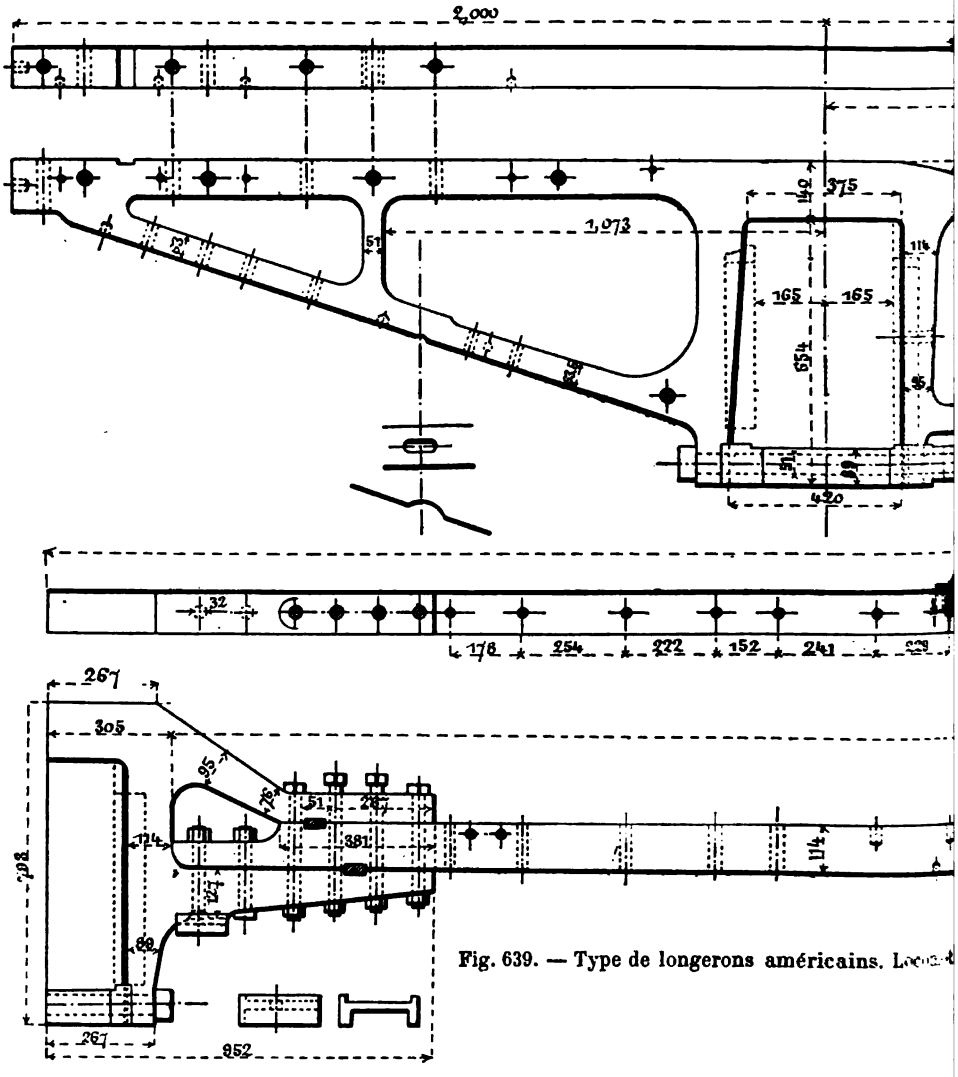
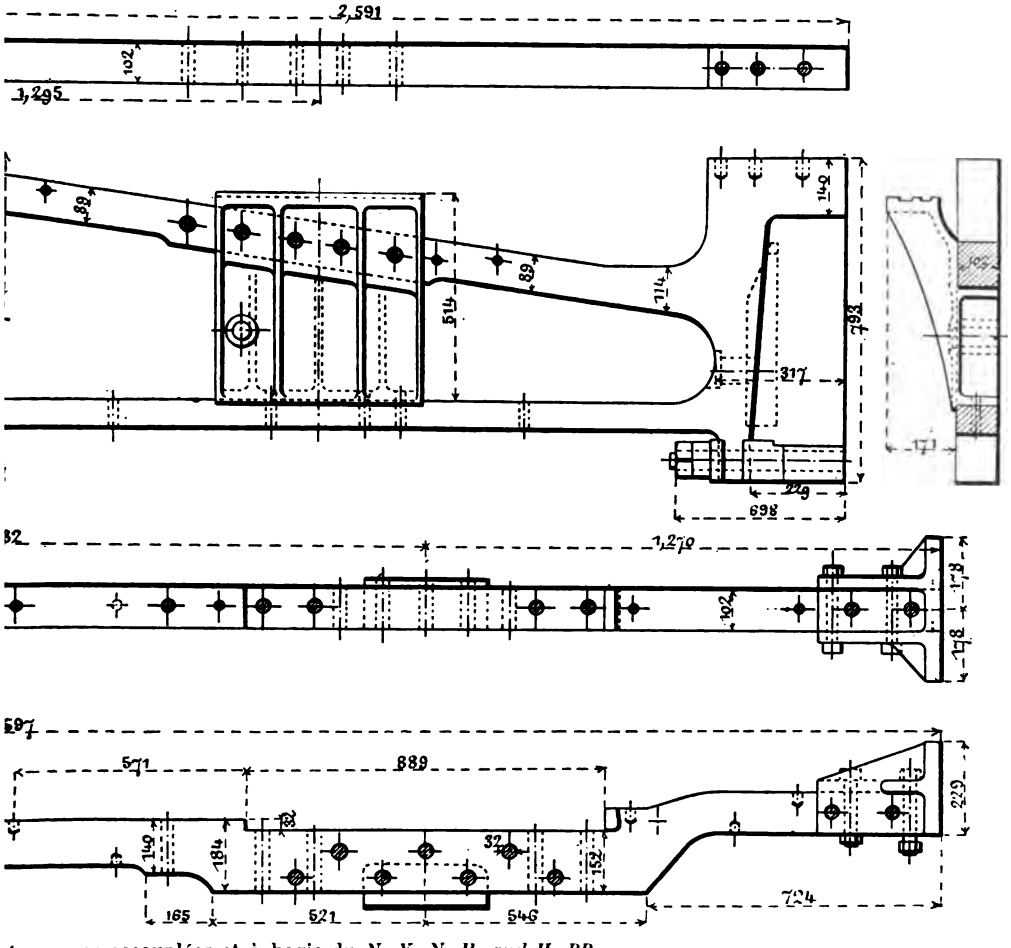


Fig. 639. — Type de longerons américains. Loco

Compagnies de l'*Est* et d'*Orléans*, pour des raisons particulières, ont commandé récemment des machines à châssis extérieur (*Est :* machines à marchandises types 1,000 et 3,000; *P.-O. :* machines de banlieue, types 2,168-2200). Les châssis extérieurs continuent à être appliqués d'une manière générale par l'*Etat belge*.

Digitized by Google

299. Châssis américains. — Les châssis de toutes les locomotives construites aux États-Unis sont composés de deux longerons intérieurs, formés de barres en fer forgé ou parfois en acier moulé, de section rectangulaire, qui servent d'entretoises entre les boîtes à huile et les cylindres et supportent la chaudière à l'arrière. L'avant de celle-ci, par la boîte à fumée, repose



ıtre roues accouplées et à bogie du *N. Y. N.-H. and H. RR.*

sur une pièce en fonte reliant les deux cylindres, reportant directement la charge sur le bogie ou le bissel, et rattachée aussi à l'extrémité avant des longerons qui parfois, dans les machines très puissantes, les contournent et les embrassent complètement. Ces longerons sont peu entretoisés sauf par la partie formée par le massif des cylindres et qui, à certains points de vue, joue le même rôle que la traverse avant dans nos machines. Dans les machines à foyer profond plongeant entre deux essieux accouplés, on dispose souvent à l'extrême arrière une plaque en fonte formant plate-forme qui constitue une

Digitized by Google

bonne entretoise, mais dans la plupart des locomotives modernes on se contente d'une barre passant à l'arrière du foyer, et même quelquefois sous la grille si le cadre est placé au-dessus des longerons. Comme entretoise intermédiaire, on se contente, dans les machines qui ne sont pas très lon-

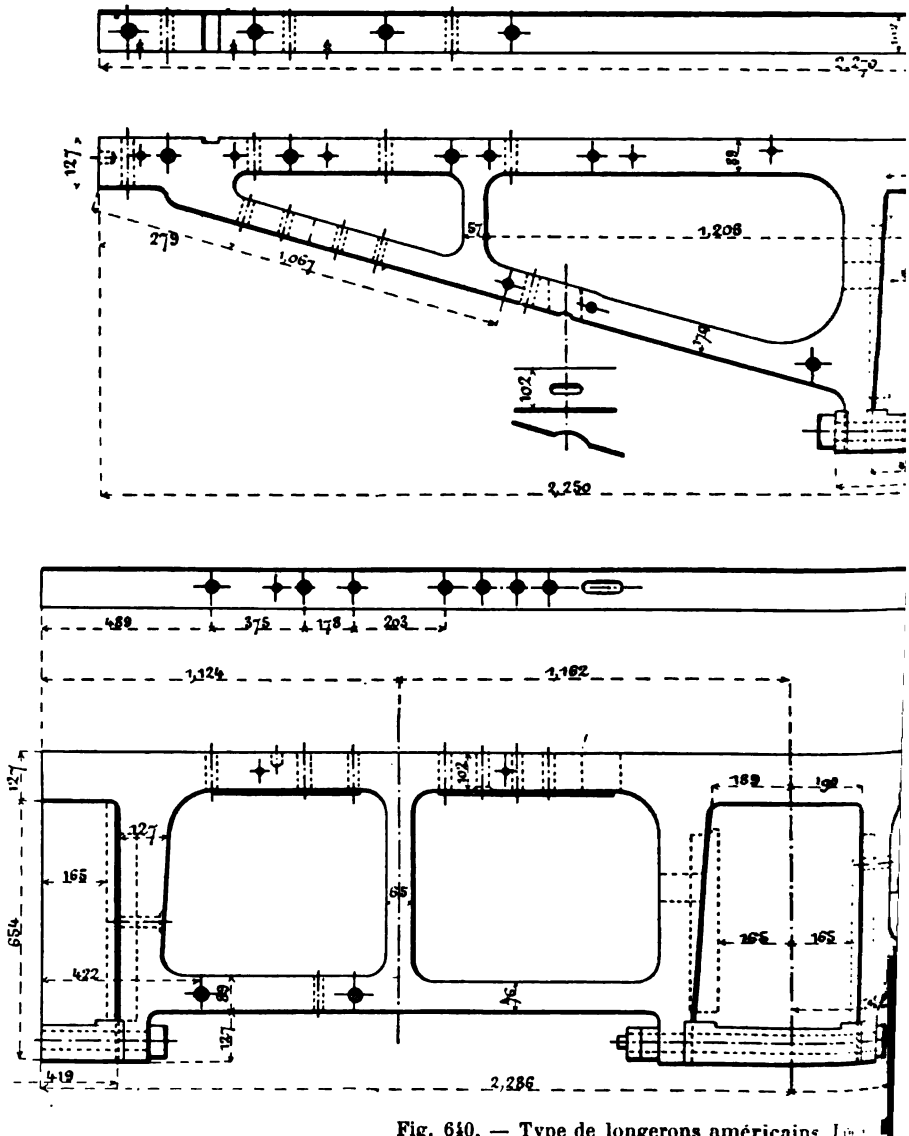
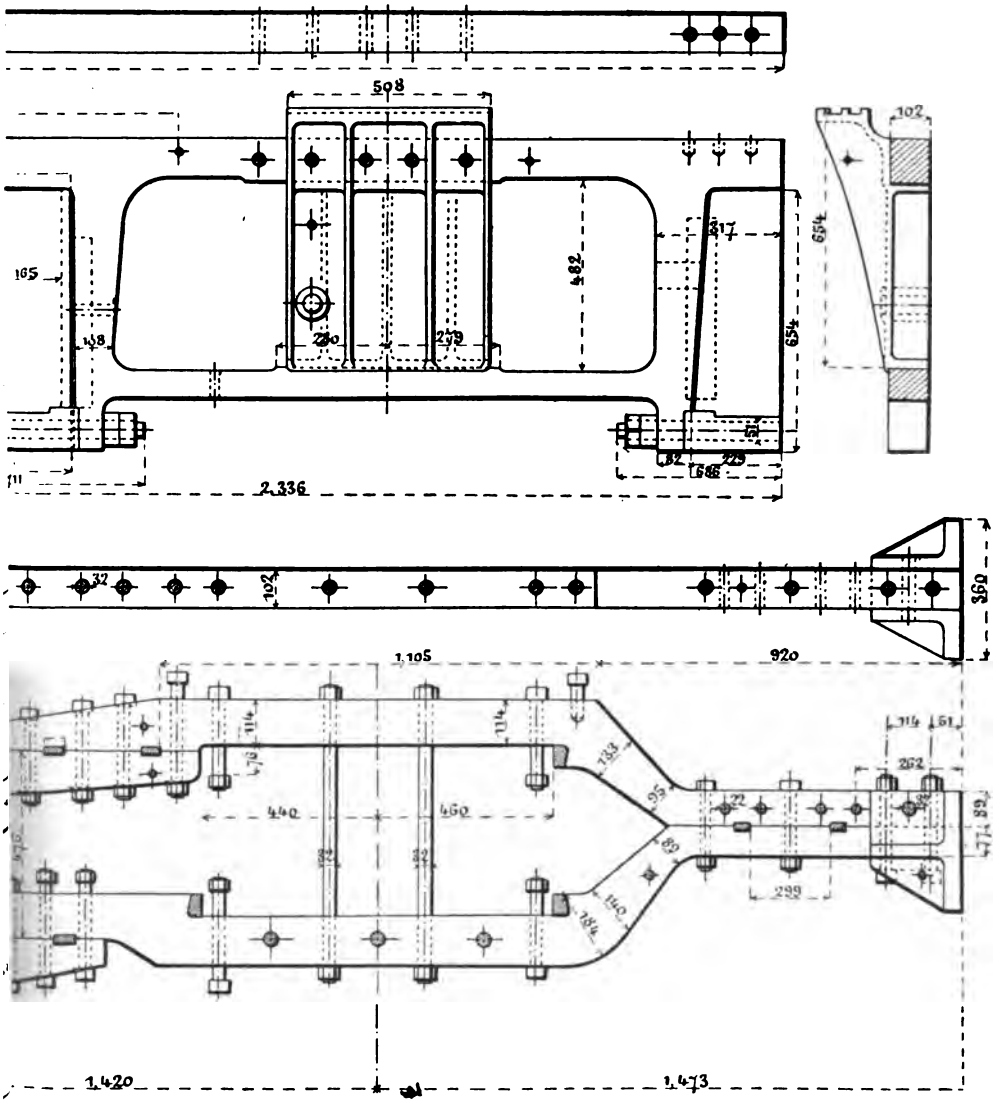


Fig. 640. — Type de longerons américains. Li

gues, de la plaque support de glissières qui est en tôle mince. Dans les machines longues, celles par exemple qui ont six ou huit roues accouplées avec un bissel ou un bogie à l'avant, on ajoute parfois une seconde entretoise intermédiaire, très légère, soit à l'avant du foyer, soit près de l'essieu moteur (fig. 639-640).

Digitized by Google

Ces longerons sont dégrossis à l'outil sur toutes leurs faces et ne sont rabotés avec soin que dans les parties destinées à recevoir des attaches, telles que supports de glissières, paliers de l'arbre de relevage, etc. On les peint en noir sans enduit ni ponçage.



uit roues accouplées et à bissel du *N.-Y. N. H. and H. RR.*

Depuis peu, quelques constructeurs ont commencé à employer l'acier moulé pour la fabrication de ces longerons qui se font alors en une seule pièce. C'est une grande simplification, le nombre considérable des soudures à effectuer dans les longerons de ce type, en fer, en rendant la fabrication coûteuse.

Digitized by Google

Les longerons composés de barres en fer forgé, de section rectangulaire, ont été introduits aux Etats-Unis dès le début des chemins de fer par le constructeur anglais Bury; ils ont continué à y être usités sur tous les réseaux alors que le seul ingénieur européen qui les eût employés ne tarda pas à les abandonner. Ils présentent cependant, en face d'inconvénients réels, de sérieux avantages et leur succès, de l'autre côté de l'Atlantique, est en grande partie dû à ce qu'ils semblent bien adaptés à certaines conditions spéciales auxquelles sont soumises les locomotives américaines.

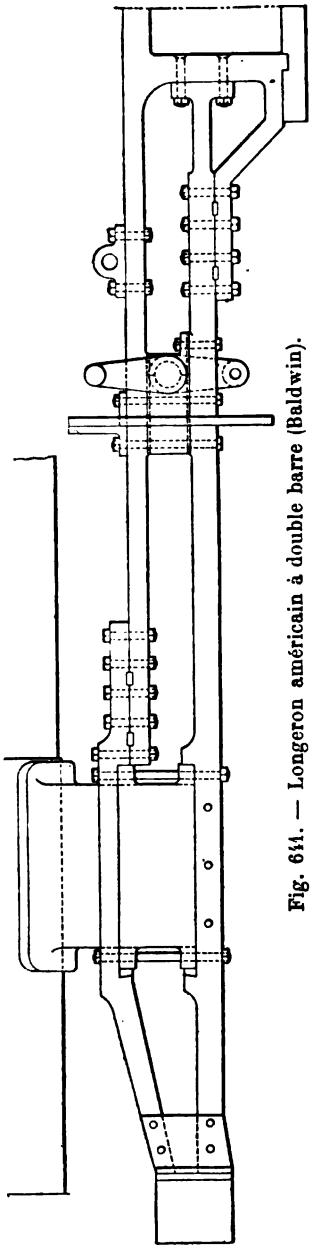


Fig. 611. — Longeron américain à double barre (Baldwin).

Des États-Unis, ces châssis se sont introduits dans beaucoup de possessions anglaises qui ont trouvé chez les constructeurs de ce pays des locomotives peut-être mieux adaptées au service des réseaux coloniaux que les machines sorties des ateliers de la mère-patrie, disposées en vue de circuler sur des lignes à profil plus facile et sur des voies solides et bien entretenues, supérieures à tout point de vue à celles que l'on peut rencontrer dans les pays neufs. La Russie possède également à l'heure actuelle un certain nombre de locomotives construites en Amérique, dans les ateliers Baldwin, et qui sont aussi munies du châssis en fer forgé.

Les longerons composés de barres en fer forgé sont légers. Une simple barre de 100 × 100 mm. environ remplace une tôle ayant de 25 à 30 mm. d'épaisseur, mais dont la hauteur est très considérable.

Ces longerons, peu entretoisés à dessein, possèdent, dans le sens transversal, une élasticité supérieure à celle des châssis européens, et permettent, lors du passage de la machine dans une courbe raide ou sur une voie inégale, un léger déplacement des essieux dans le sens de leur longueur, facilitant ainsi l'inscription du véhicule. C'est en partie grâce à ces châssis que les machines américaines doivent de pouvoir circuler facilement sur des voies sinueuses et à courbes raides dans des conditions où les machines européennes fatigueraient beaucoup.

Les longerons carrés, rabotés sur toutes leurs faces, offrent une grande facilité pour les attaches diverses que l'on peut avoir à y fixer : supports de glissières, paliers d'arbres de renvoi, de relevage, articulations diverses, etc.

Digitized by Google

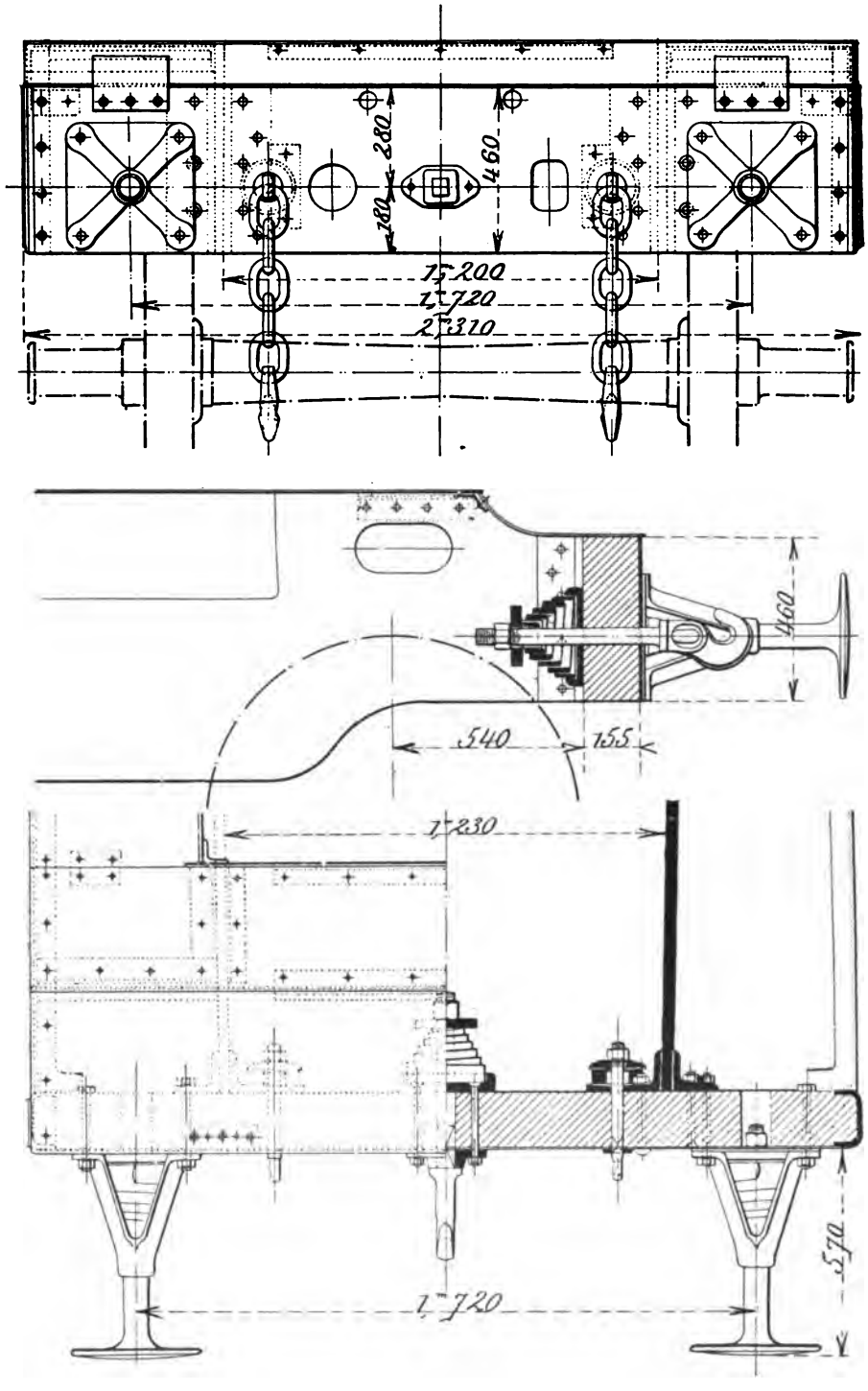


Fig. 642. — Ensemble de la traverse AV. Locomotives à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

Digitized by Google

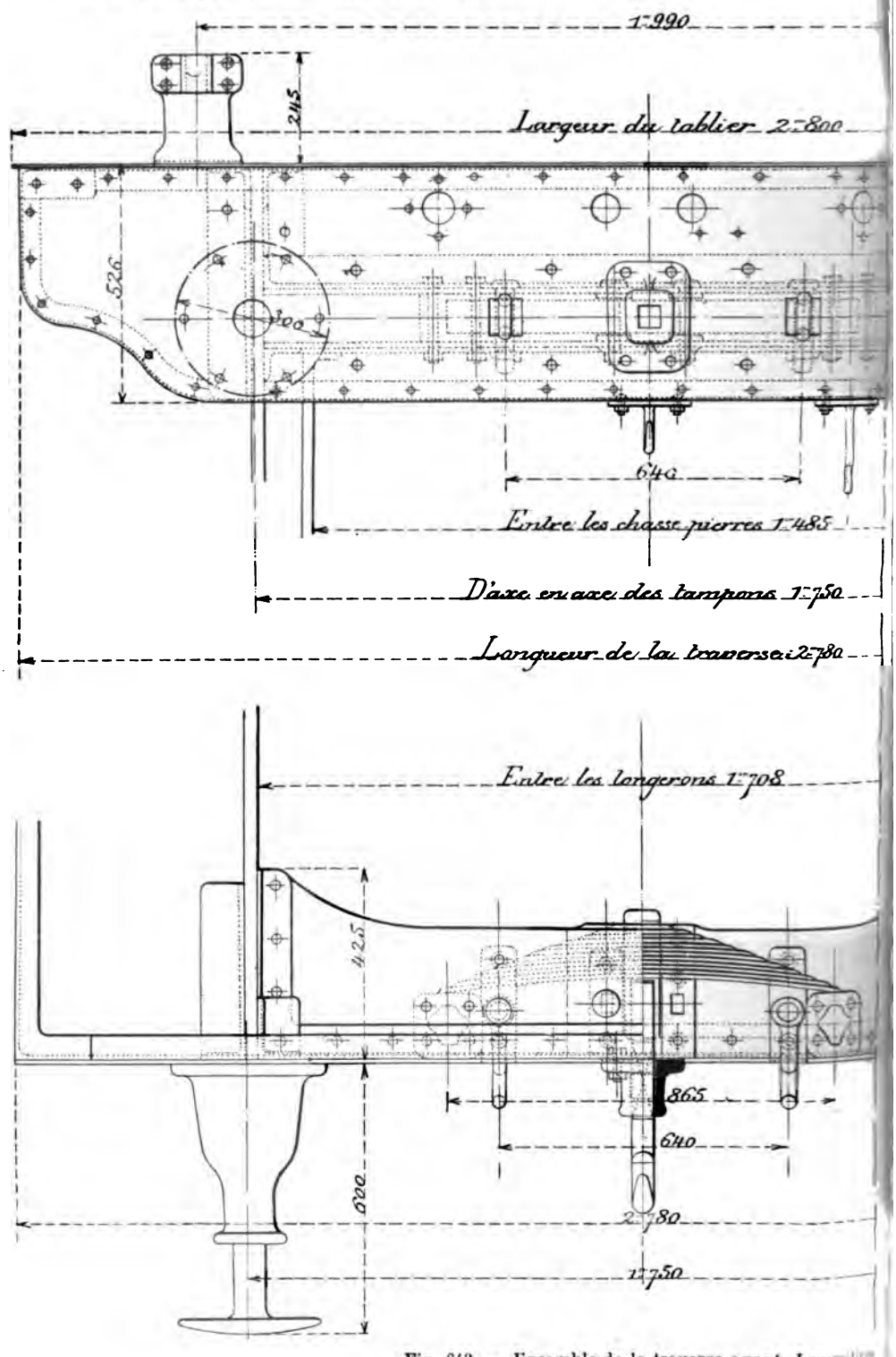
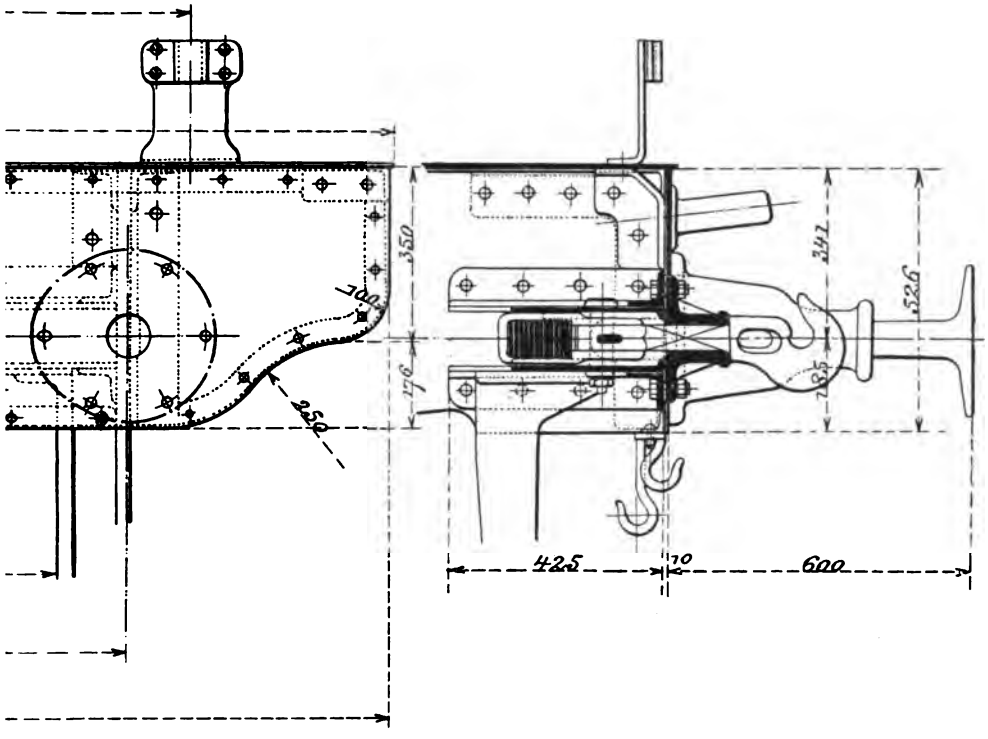
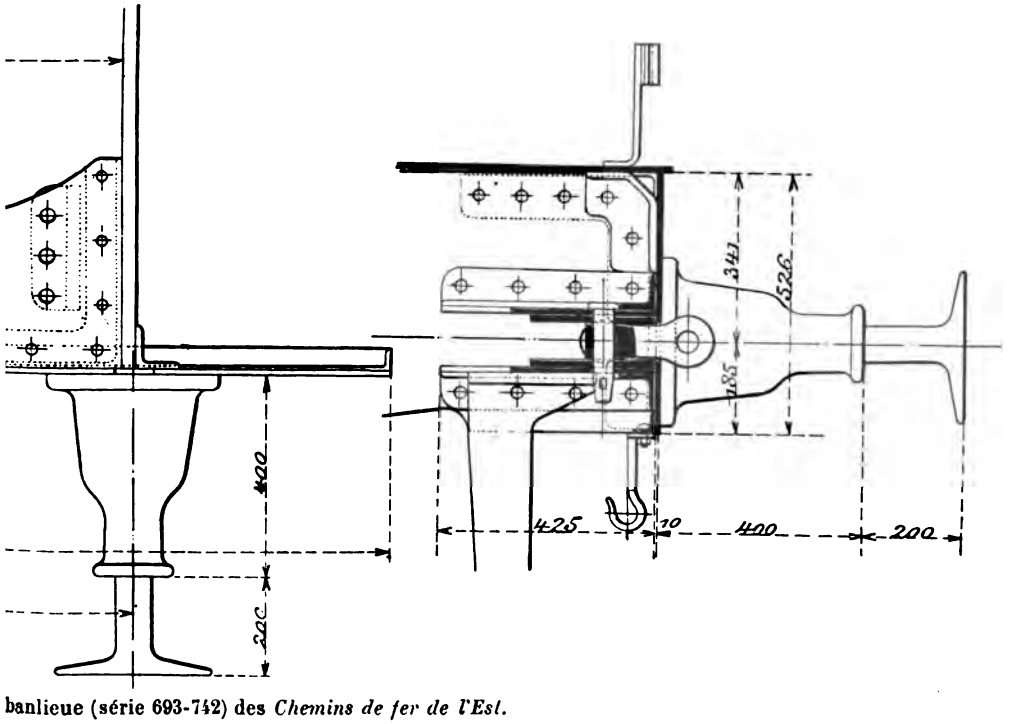


Fig. 643. — Ensemble de la traverse avant. Locomotive

Digitized by Google





banlieue (série 693-742) des *Chemins de fer de l'Est.*

Digitized by Google

Comme ils n'ont qu'une hauteur très faible, ils ne gênent en rien pour la visite et l'accessibilité des boîtes à huile ou des organes intérieurs du mécanisme, presque aussi visibles que s'ils étaient extérieurs.

Enfin, leur grande épaisseur (95 à 105 mm.) permet la suppression des glissières de plaques de garde; les boîtes coulissent directement entre des guides formés par les longerons eux-mêmes; tout au plus, ajoute-t-on, de chaque côté, une cale en acier, un peu plus large, tenue par une simple vis placée dans le sens de la longueur ou, le plus souvent, d'un côté, un coin de rattrapage de jeu, muni de rebords qui le guident transversalement sur le châssis (fig. 649).

D'autre part, ces longerons ont l'inconvénient, grâce à leur épaisseur excessive, de réduire la largeur du foyer, par rapport à ceux des locomotives européennes, de 0,120 m. environ; on peut échapper, il est vrai, à cette sujétion en plaçant la chaudière suffisamment haut pour que le cadre de la boîte à feu passe au-dessus des longerons, solution appliquée chaque jour à un nombre de plus en plus grand de locomotives américaines.

Nous donnons figures 639 et 640 deux types de châssis qui résument à peu près complètement la pratique américaine; ils appartiennent, l'un à une locomotive à quatre roues accouplées et à bogie, l'autre à une machine à six roues accouplées et à bissel, du type Mogul, sortant de chez le même constructeur.

Ils diffèrent surtout par le nombre des plaques de garde qu'ils portent chacun, et en ce que, dans la première locomotive, le cylindre vient simplement s'ajuster avec double épaulement sur le dessus du longeron, rectiligne; dans la seconde, le longeron forme un cadre qui entoure la bride du cylindre et dont la partie supérieure est assemblée à l'aide de boulons afin d'être facilement démontable.

300. Traverses avant et arrière. — La traverse avant est presque toujours en tôle et cornières solidement reliées aux longerons sur lesquels elle est appliquée par sa face arrière.

Dans les anciennes machines, elle se faisait toujours en bois, pratique qui n'a pas d'ailleurs entièrement disparu comme on pourra s'en assurer par l'examen de la figure 642 représentant la traverse avant des locomotives compound à grande vitesse du *Nord;* la traverse, en bois, est recouverte sur l'avant, d'une tôle mince. La Compagnie de *Lyon* et quelques autres constituent la traverse avant d'un fer I placé verticalement; d'autres emploient des fers U.

La traverse sert à entretoiser les longerons et à maintenir leur écartement à l'avant, elle porte en outre des tampons de choc et au moins un tendeur d'attelage; en France on ajoute aussi deux chaînes de sûreté comme aux autres véhicules.

Digitized by Google

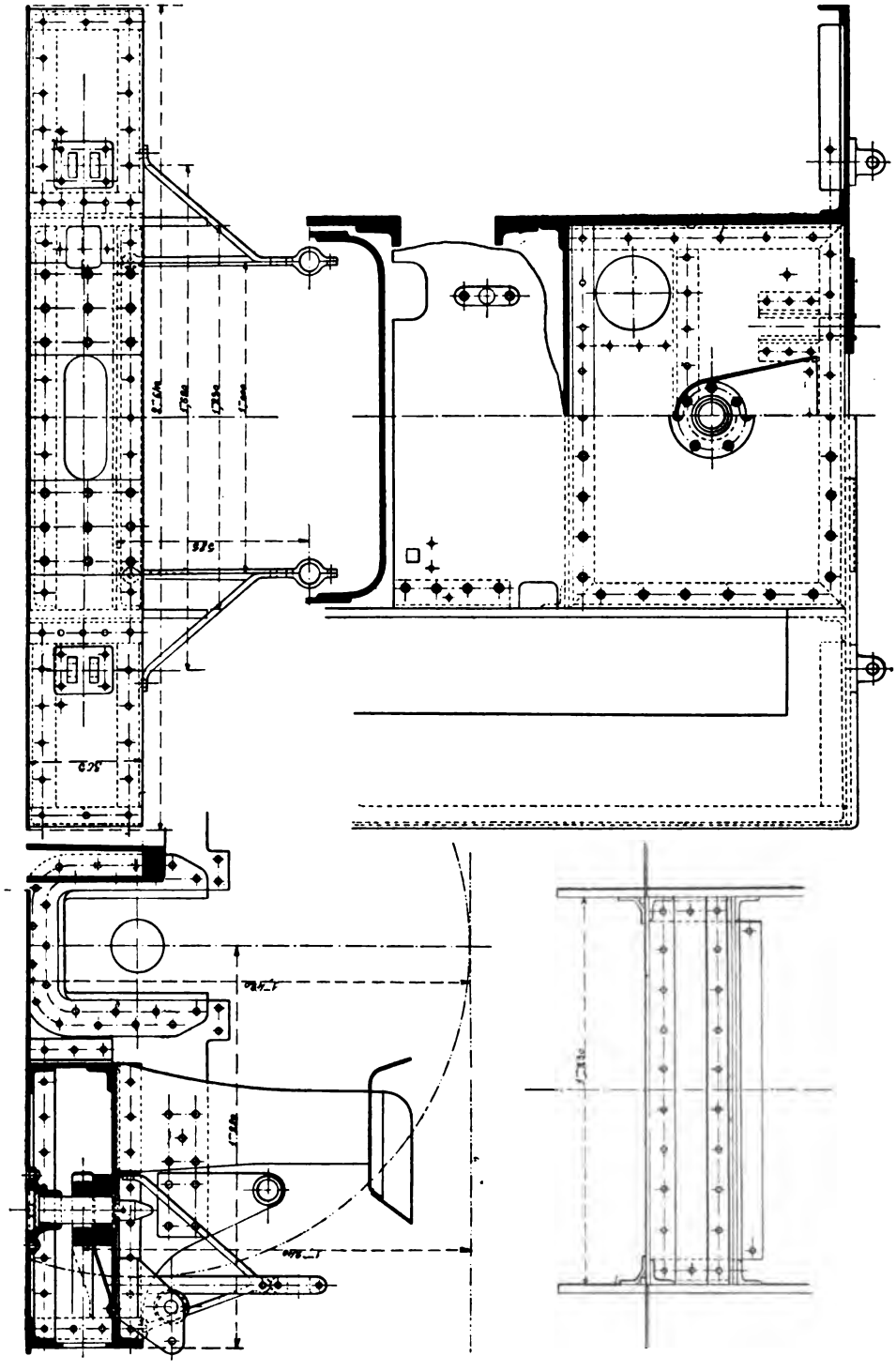


Fig. 644. — Ensemble de la traverse R. Locomotives compound à grande vitesse du *Chemin de fer du Nord*.

Les traverses avant doivent être facilement démontables dans les locomo-

Digitized by Google

tives à cylindres intérieurs afin de permettre la mise en place et la sortie

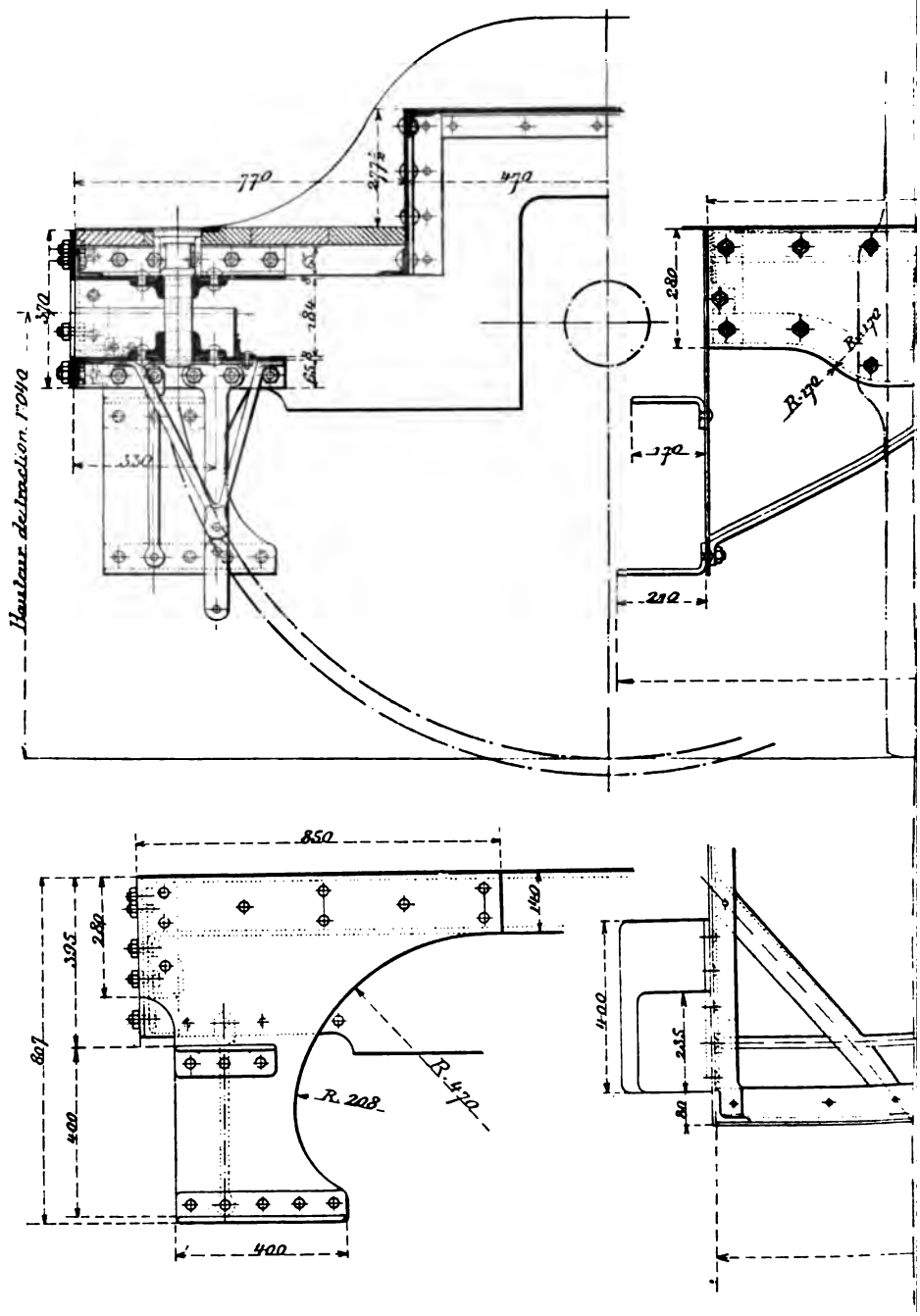
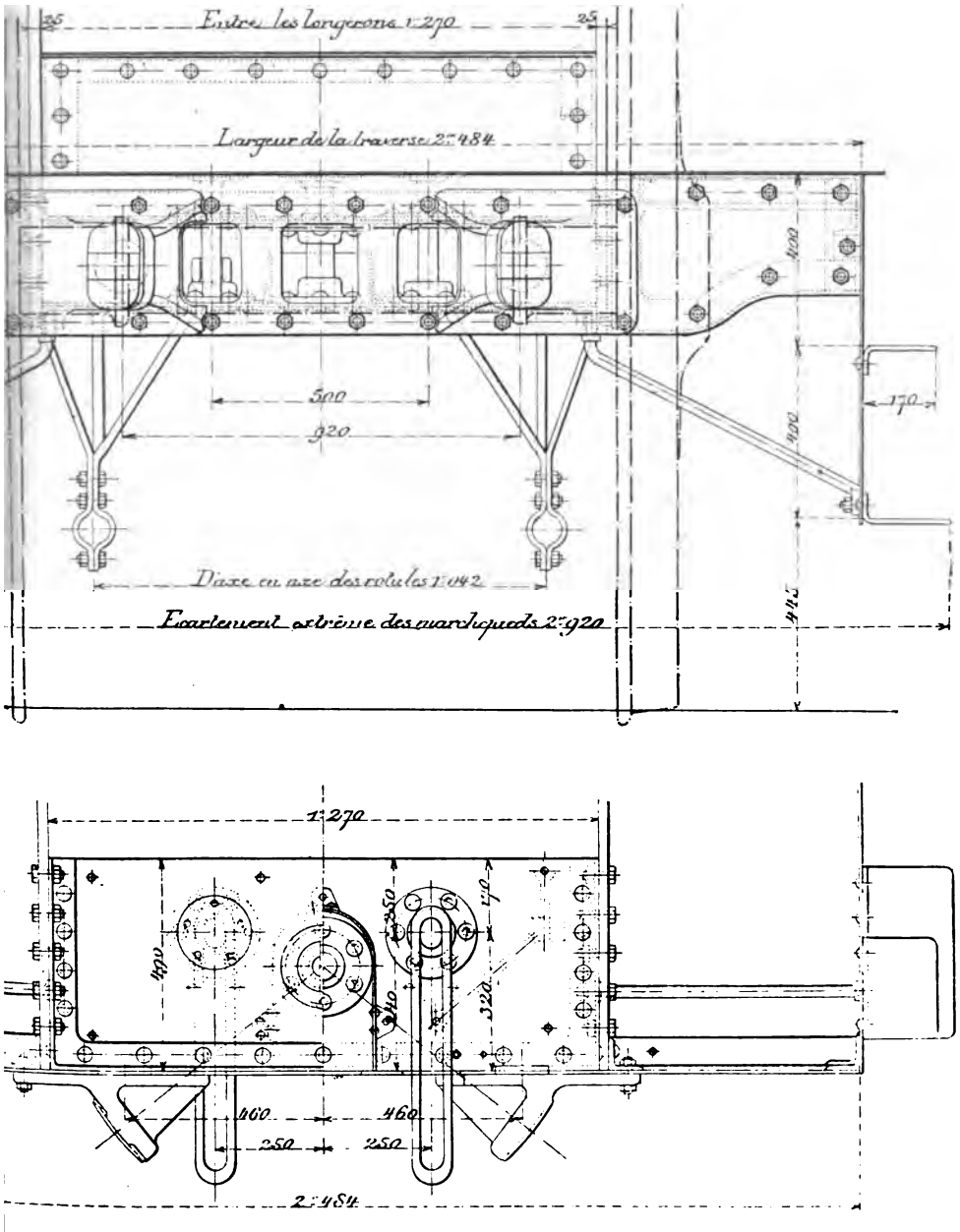


Fig. 645. — Ensemble de la traverse R ; attelage ; marchepieds.

des pistons, à moins que cette traverse ne puisse être reportée en avant des cylindres d'une quantité suffisante, c'est le cas des locomotives à

Digitized by Google

bogie. Dans beaucoup de locomotives de la Compagnie de l'*Ouest*, par exemple les machines-tenders de banlieue (série 3 500), les traverses, au



Locomotives à grande vitesse (série 963-990) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

lieu d'être entièrement démontables pour les visites des pistons, sont à charnières. Elles peuvent tourner autour d'une penture à axe horizontal, dispo

Digitized by Google

sée à leur partie inférieure, au-dessous du bas de la bride du cylindre. Normalement, elles sont fixées en haut et sur leur pourtour par des boulons. Ceux-ci démontés, on fait basculer, la traverse ce qui dégage complètement les cylindres.

La traverse arrière est toujours en tôle; elle est reliée aux longerons comme les précédentes par des cornières, mais comporte en plus deux tôles horizontales placées à quelque distance, complétant l'attache (voir fig. 644) et servant de fixation aux appareils d'attelage avec le tender. La tôle supérieure remplit en même temps l'office de parquet pour la plate-forme du mécanicien. Quand un essieu accouplé passe derrière le foyer, on place la tôle supérieure à une hauteur suffisante pour qu'elle évite cet essieu (fig. 629). Cette disposition oblige à relever le tablier et la plate-forme du tender, ce qui n'est pas toujours possible. Dans toutes les locomotives anglaises et dans beaucoup d'autres, par exemple les machines à bogie de la Compagnie de l'*Ouest*, le parquet se relève et forme un emmarchement au droit de l'essieu (fig. 645). Cela permet de placer au-dessus de l'essieu une entretoise reliant les glissières des boîtes de l'essieu arrière. Avec la disposition précédente cette entretoise ne peut se placer qu'un peu en arrière.

Dans toutes les locomotives appartenant aux Compagnies de la *Grande-Bretagne*, le massif arrière du châssis, comportant la traverse, les entretoises, les attaches des appareils d'attelage, le parquet de la plate-forme, est constitué par une pièce en fonte, épaisse et lourde, qui sert aussi de lest pour ramener du poids sur l'essieu arrière, les locomotives comportant un essieu accouplé derrière le foyer manquant souvent de charge sur l'arrière, à moins que le poids total de la machine ne soit très grand et que l'on emploie des balanciers de répartition.

301. Glissières des plaques de garde. — Les boîtes à huile des essieux sont placées à l'intérieur d'ouvertures rectangulaires pratiquées dans les longerons au droit des essieux et dont la hauteur, au-dessus de ces boîtes, est suffisante pour permettre leur déplacement vertical résultant de l'oscillation de la machine sur ses ressorts. Ces boîtes sont guidées par des *glissières de plaques de garde* qui doivent présenter une surface de frottement suffisante pour que les déplacements verticaux des boîtes, incessants pendant la marche, se produisent sans grippage ni usure notable. La pression de la boîte contre ses glissières peut être considérable pour les roues motrices, puisque c'est sur elle que s'exerce l'effort longitudinal du piston, par l'intermédiaire du mécanisme.

Les glissières sont rapportées; elles se font en fonte, en fer matricé, puis cémenté et trempé, ou mieux en acier moulé. Chacune d'elles présente une patte d'attache fixée au longeron par une double rangée de boulons. Quand

Digitized by Google

les longerons sont intérieurs, comme ils se trouvent placés aussi près que

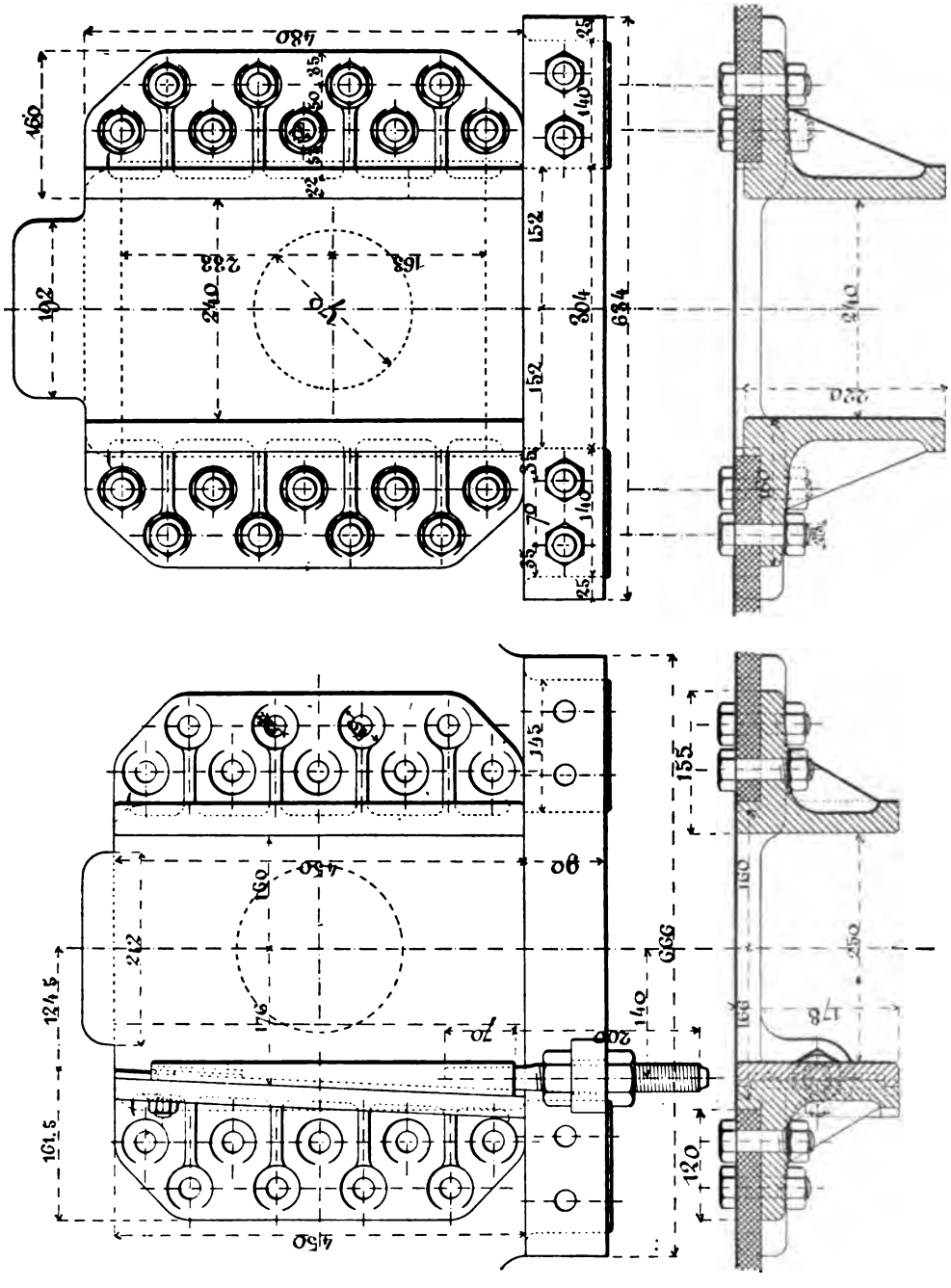


Fig. 646. — Glissières des boîtes à huile des essieux moteurs et porteur des locomotives de banlieue (série 729-742) des *Chemins de fer de l'Est*.

possible des roues, les glissières des plaques de garde, beaucoup plus larges que les longerons, se projettent vers l'intérieur (fig. 647 et 648).

Les glissières sont reliées, à la partie inférieure, par une entretoise amo-

Digitized by Google

vible qui les empêche de s'ouvrir sous l'action des pressions alternatives exercées par les boîtes, et que l'on retire lorsqu'on lève la machine pour démonter les essieux et les boîtes.

Dans beaucoup de locomotives une des glissières de chaque boîte est

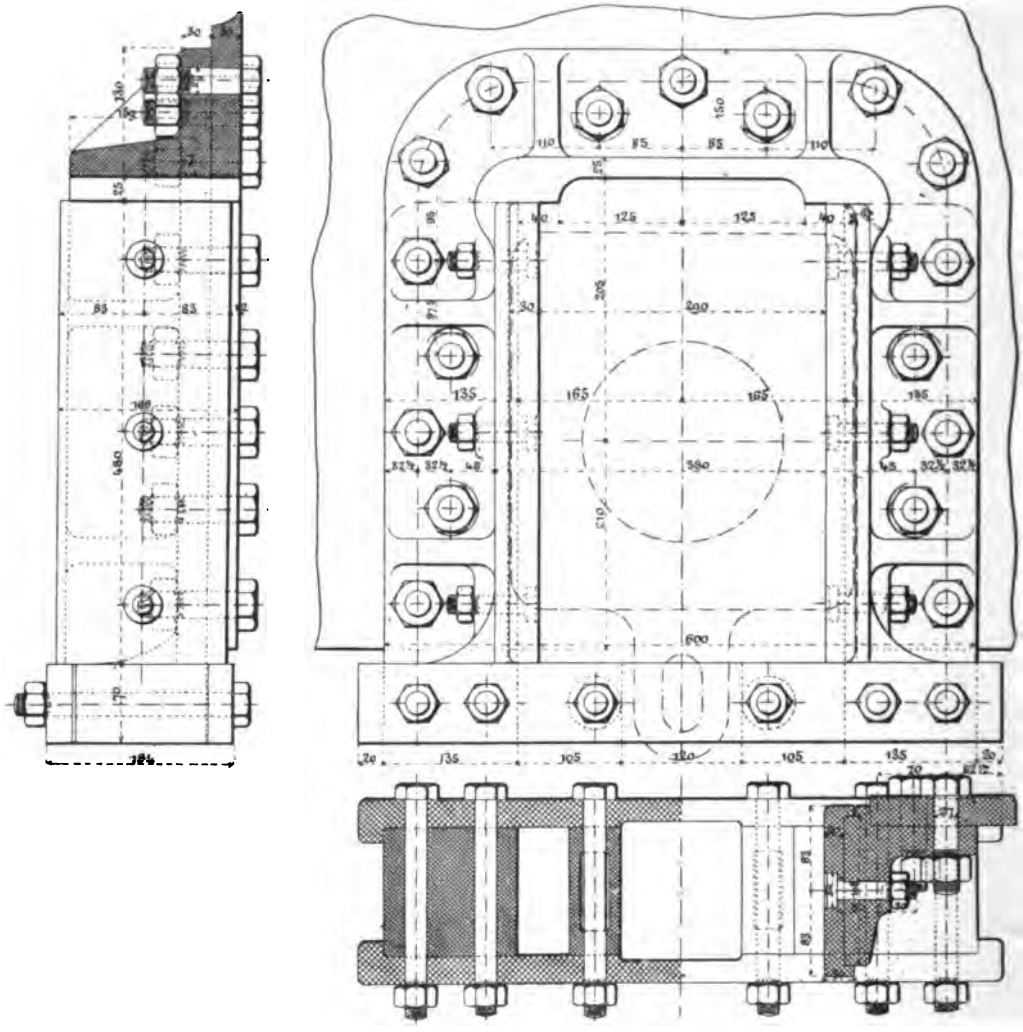


Fig. 647. — Glissières de plaques de garde des locomotives à six roues accouplées et à bogie (série 2301-2304) des *Chemins de fer de l'Ouest.*

munie d'un coin de rattrapage de jeu, sur lequel on agit au moyen d'une vis et d'écrous (fig. 646, 648 à 650, 654). Comme leur nom l'indique, ces coins ont pour but de rattraper le jeu qui se produit à la longue par l'usure entre la boîte et la glissière. On doit faire pour ces coins la même observation qu'en ce qui concerne les clavettes des têtes de bielle d'accouplement ; elles doivent être toutes placées du même côté des boîtes pour que l'on

Digitized by Google

ne puisse venir par un réglage intempestif modifier l'entr'axe des essieux.

Certaines Compagnies n'admettent pas au contraire que le réglage des boîtes puisse se faire par le premier venu dans les dépôts, et elles suppriment les coins. On place alors, sur la face d'une des glissières, une platine rapportée assez mince, que l'on remplace après usure (fig. 647).

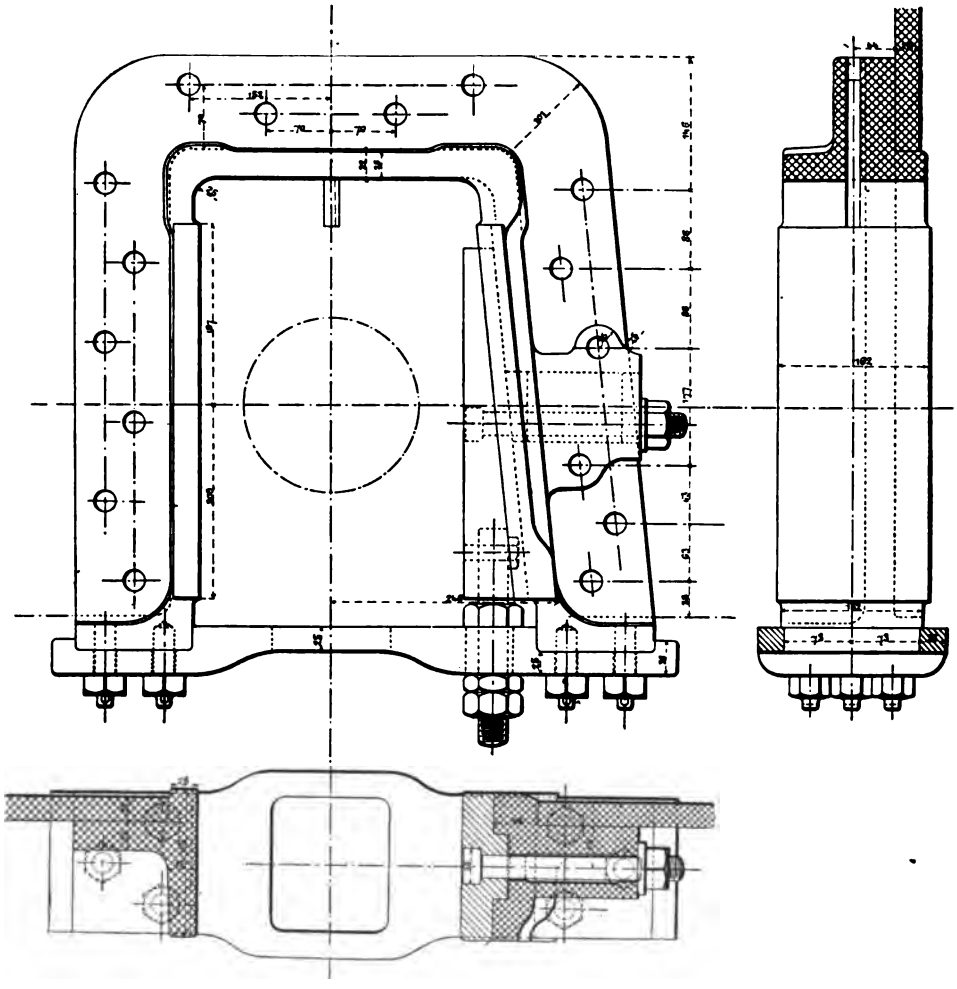


Fig. 648. — Glissières, à fourche, de plaques de garde. *Great Eastern Railway;* locomotives en général.

Les glissières des plaques de garde d'une même boîte se font indépendantes ou solidaires. Le premier système est le plus répandu en France; on en trouvera un exemple (fig. 646), qui représente la pratique courante. Chaque glissière se compose d'une portion transversale, dressée sur la face qui regarde l'essieu, et présente une largeur légèrement inférieure à celle de la face de la boîte qui vient s'y appliquer et s'y trouve guidée transversalement

Digitized by Google

par deux rebords verticaux; puis d'une partie parallèle au longeron contre lequel elle s'applique et auquel elle est réunie par deux rangées de boulons en quinconce qui doivent, pour assurer la solidité de l'assemblage, pénétrer à frottement dur dans les trous destinés à les recevoir, où ils doivent être entrés à la masse. Les deux portions en équerre des glissières sont reliées par un fort congé et par de nombreuses nervures correspondant aux trous des boulons de la rangée extérieure. On se contente souvent d'une seule rangée de boulons et de deux nervures pour chaque glissière.

La face intérieure de la glissière avant est verticale, celle de l'arrière est légèrement inclinée pour permettre l'installation du coin de rattrapage de jeu. Celui-ci, qui est en fer cémenté et trempé, est encastré dans la glissière par deux rebords qui le guident; on règle sa position au moyen d'un goujon fileté qui le termine à la partie basse et sur lequel agissent deux écrous qui s'appuient en sens inverse sur un bossage venu de forge avec l'entretoise des glissières.

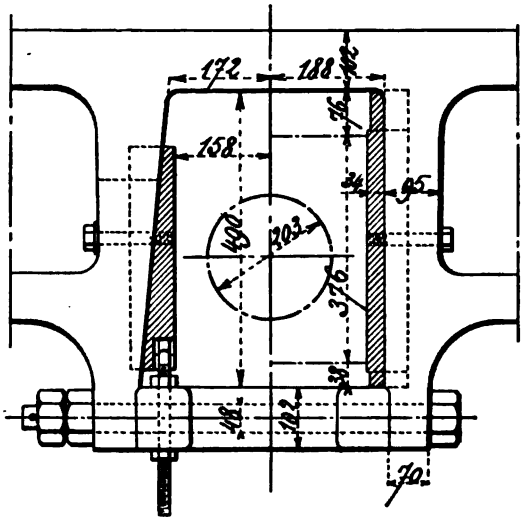


Fig. 649. — Glissières de plaques de garde avec rattrapage de jeu. Disposition américaine.

Dans toutes les locomotives anglaises et dans beaucoup de machines récentes construites sur le continent européen, par exemple les locomotives à grande vitesse et à bogie des compagnies du *Nord* et de l'*Ouest*, etc., les deux glissières de chaque boîte sont venues de forge ou de fonte d'une même pièce (voir fig. 629, 631, 647, 648). Elles sont réunies par une partie commune placée au-dessus de la boîte et boulonnée elle-même au longeron, mais sont ouvertes vers le bas pour permettre la mise en place et la sortie des boîtes.

On obtient ainsi un système plus robuste et d'un montage plus facile, les deux glissières étant finies d'ajustage sur la même machine et pouvant présenter la plus grande précision.

Sur la majorité des locomotives construites en Angleterre et sur quelques machines du continent parmi lesquelles nous citerons les locomotives à grande vitesse et à bogie de la Compagnie de l'*Ouest* (fig. 647), on ne place pas de coins de rattrapage de jeu aux glissières des plaques de garde des essieux moteurs et accouplés, corollaire de l'application des bielles d'accouplement à têtes rondes. On munit simplement la glissière arrière d'une semelle rapportée,

Digitized by Google

tenue par trois boulons à têtes fraisées que l'on remplace lorsque l'usure a donné au jeu de la boîte entre ses plaques de garde une valeur excessive. Avec ce système, on ne peut dérégler intempestivement, dans les dépôts, une machine réglée à l'atelier.

Les entretoises de plaque de garde peuvent affecter des dispositions très variables ; elles se fixent soit au longeron, soit aux glissières, mais dans ce dernier cas seulement avec des glissières d'une même pièce. Elles doivent être démontables pour permettre le levage de la machine.

Les figures 635, 646, 647 indiquent la disposition classique ; l'entretoise est formée d'une pièce de section rectangulaire, en fer forgé, placée dans le plan

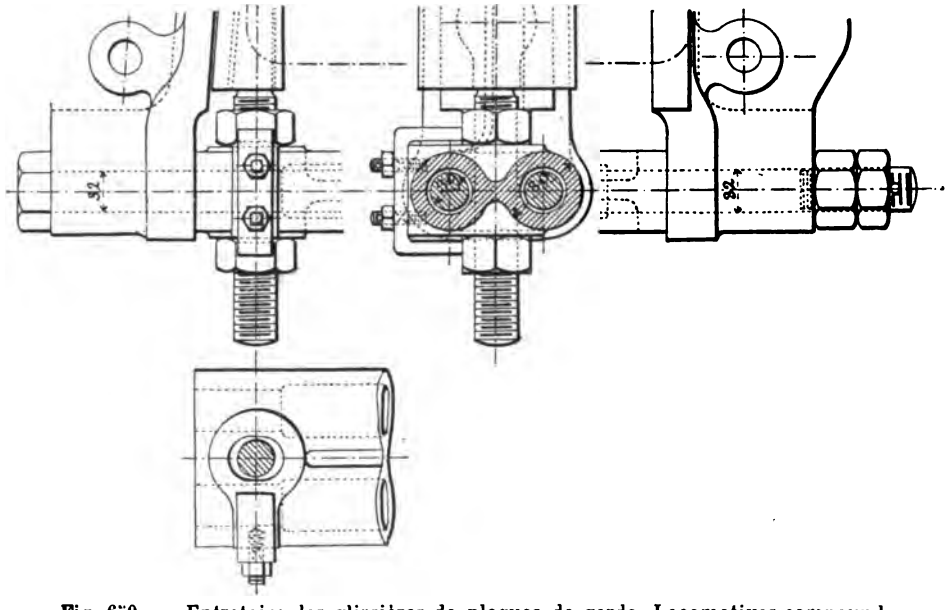


Fig. 650. — Entretoise des glissières de plaques de garde. Locomotives compound à six roues accouplées de l'*État autrichien*.

du longeron et dont les deux pattes d'attache sur ce dernier, auquel elles sont reliées par deux boulons, sont déportées vers l'extérieur.

Pour éviter que les boulons de l'entretoise ne travaillent au cisaillement, on termine l'entretoise à chaque bout par une tête rectangulaire percée en son centre d'une ouverture mortaisée, allongée, dans laquelle s'ajuste très exactement un tenon de même forme pratiqué à l'extrémité inférieure de chaque plaque de garde. On place néanmoins un petit boulon transversal à chaque bout pour empêcher l'entretoise de tomber.

Quand les deux glissières sont venues d'une seule pièce, on constitue l'entretoisement comme il est représenté figure 632 (machine à grande vitesse de la Compagnie de l'*Ouest*, série 953-990) et figure 639 et 649. L'écartement des glissières est maintenu par une entretoise creuse, en fonte ou en acier

Digitized by Google

moulé, exactement ajustée entre elles et que traverse, suivant son axe, un boulon placé dans le sens de la longueur. La figure 650 représente une disposition autrichienne dans laquelle cette entretoise est double et comporte deux boulons de serrage parallèles entre lesquels il reste un espace suffisant pour le passage du boulon de réglage du coin.

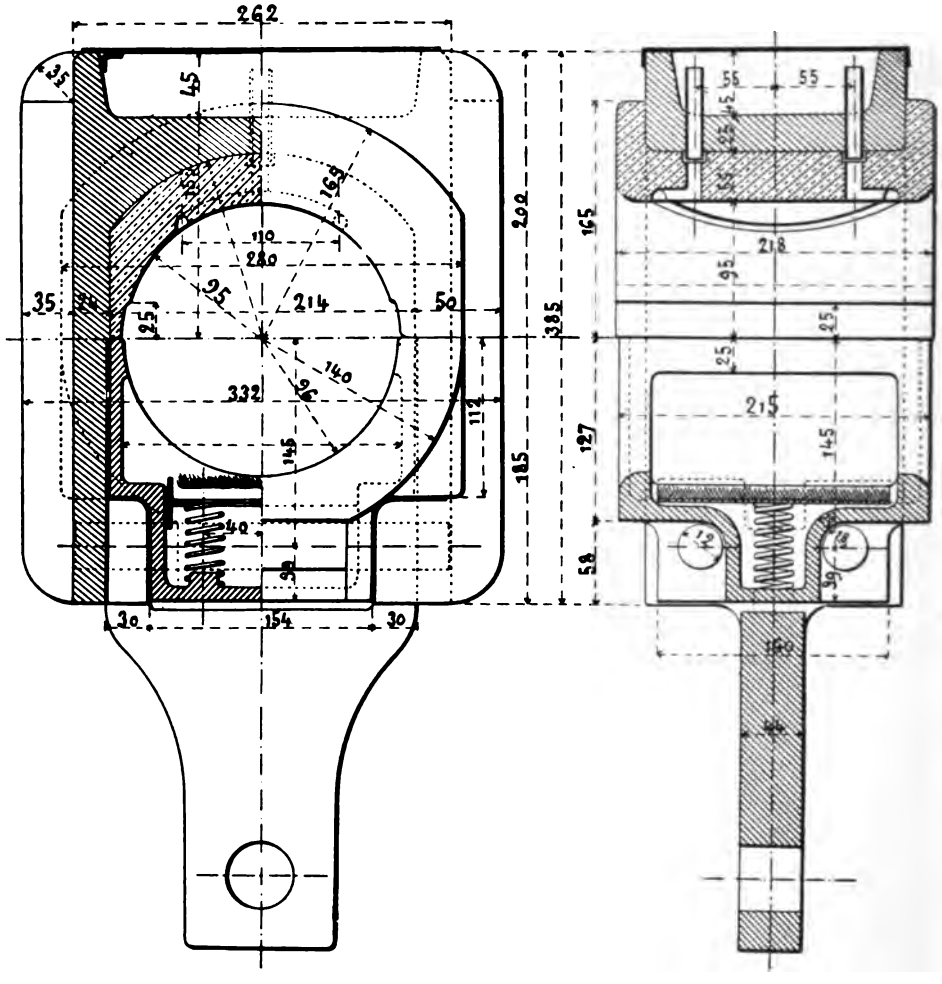


Fig. 651. — Boite à huile des essieux moteurs A et R des locomotives compound à grande vitesse (série 2121-2157) du *Chemin de fer du Nord*.

Parfois, on entretoise les extrémités inférieures des deux glissières par une sorte de chapeau portant à ses extrémités deux talons en saillie qui embrassent les faces dressées, avant et arrière des deux glissières. L'entretoise est retenue par deux petits boulons verticaux. C'est la disposition adoptée pour les locomotives à grande vitesse et à bogie des chemins de fer de l'*Est* (type 800) (fig. 633) et du Great Eastern (fig. 648).

Les glissières s'ajustent exactement à l'intérieur de l'ouverture pratiquée

Digitized by Google

dans le longeron à l'aide d'une partie rabotée formant le prolongement, du côté intérieur, de la face transversale des glissières. Suivant les cas, cette dernière affleure le longeron intérieurement ou le dépasse d'une quantité plus ou moins considérable. Lorsque les longerons sont extérieurs ou doubles, il n'est pas rare que le longeron corresponde au milieu des glissières.

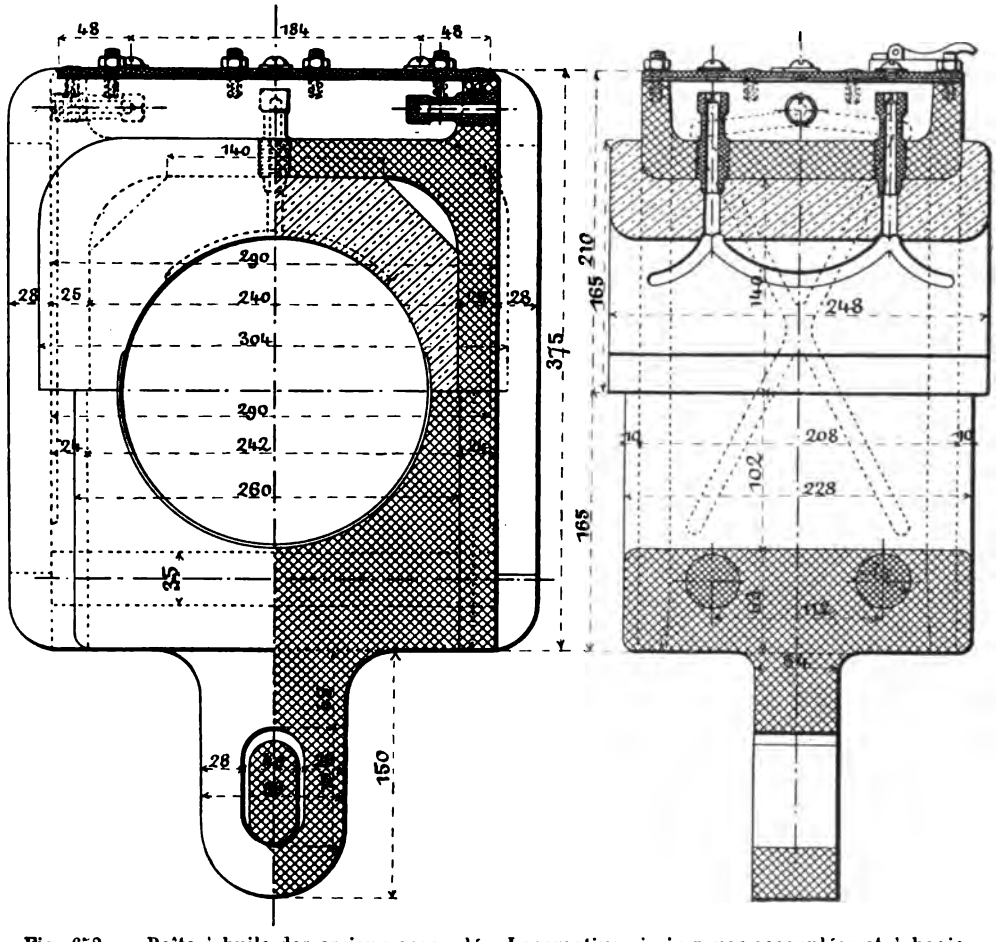


Fig. 652. — Boîte à huile des essieux accouplés. Locomotives à six roues accouplées et à bogie (série 2301-2304) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

302. Boîtes à huile. — Les boîtes, qui sont plus souvent, mais improprement appelées *boîtes à graisse*, sont destinées à reporter sur les essieux, par l'intermédiaire de leurs coussinets, les charges qui leur sont transmises par les ressorts. Elles servent aussi, maintenues qu'elles sont par les glissières de plaques de garde, à guider les essieux dans leurs déplacements verticaux et à maintenir le parallélisme des essieux. C'est en outre par leur intermédiaire que se fait la transmission au châssis de l'effort de traction, pour les essieux moteurs et accouplés. En ce qui concerne l'essieu moteur, elles jouent

Digitized by Google

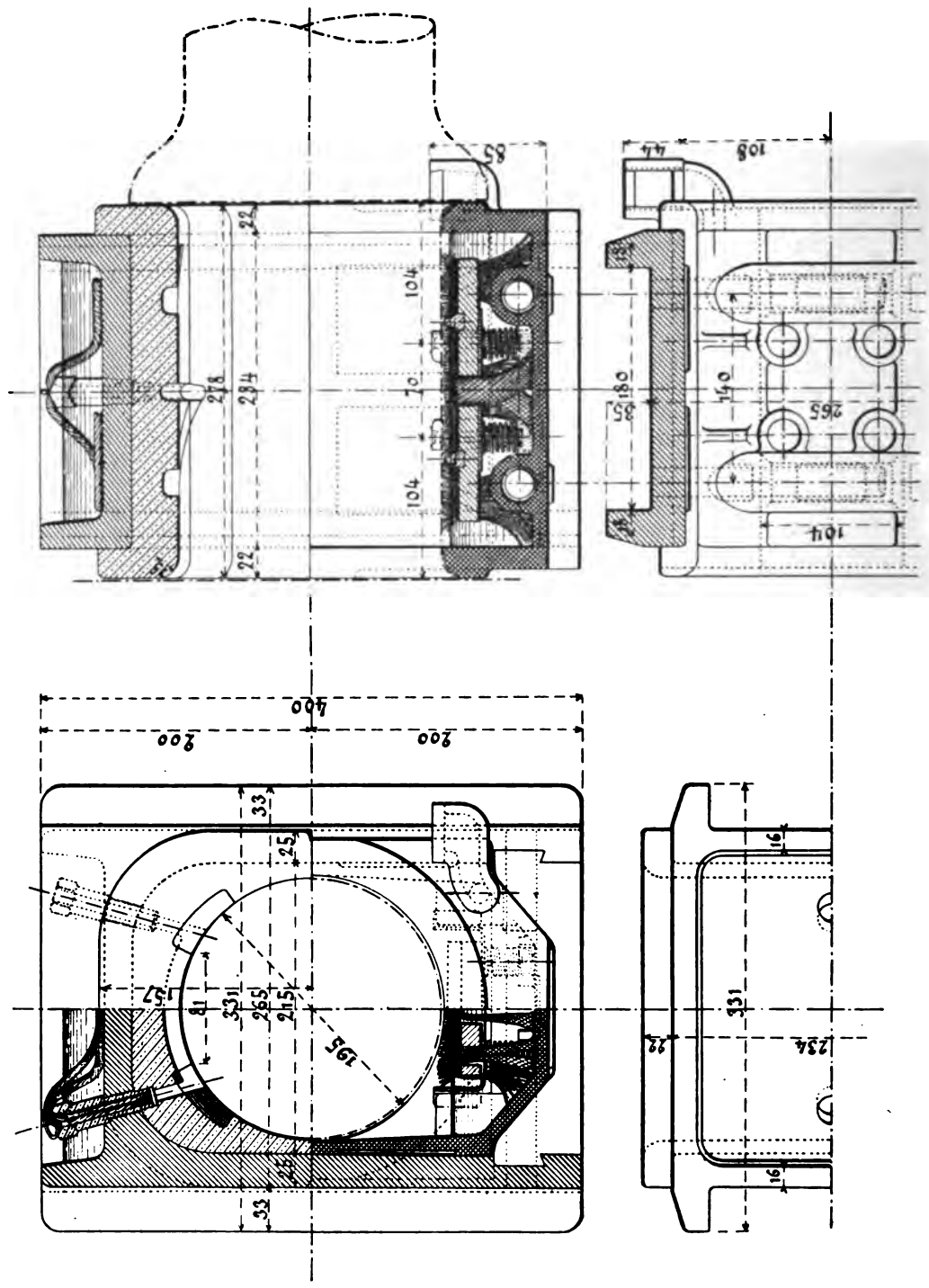


Fig. 653. — Boîte à huile des essieux moteur et accouplé des locomotives à grande vitesse (série 901-921) des *Chemins de fer de l'Est*.

aussi le rôle de paliers. Ces boîtes, quand elles ne comportent pas de dispositifs spéciaux destinés à faciliter le passage en courbe et que nous exami-

Digitized by Google

nerons plus loin, sont de construction très simple. Elles sont placées à l'intérieur ou à l'extérieur suivant la position qu'occupent les longerons.

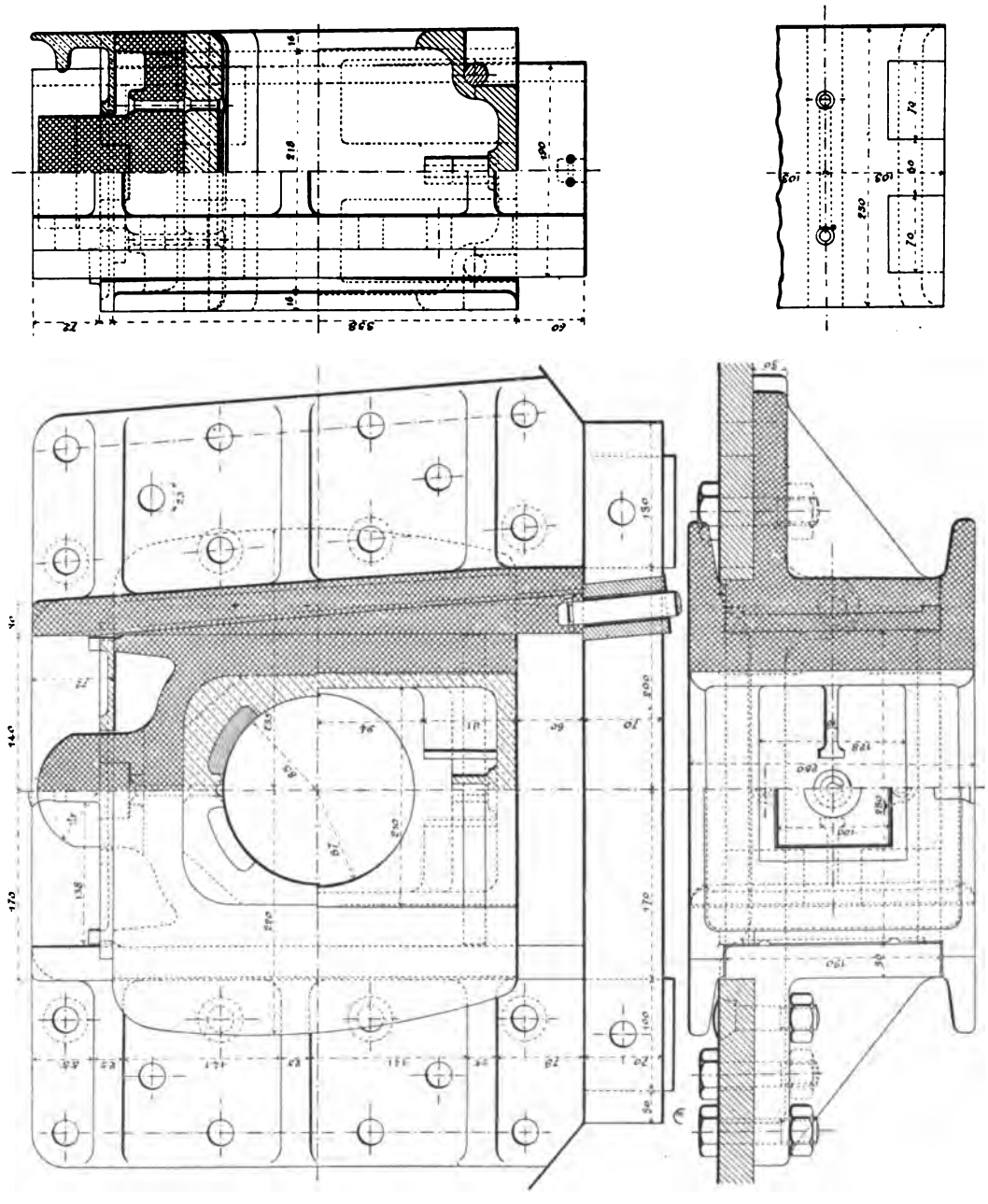


Fig. 654. — Boîte à huile et glissières de plaques de garde des locomotives à marchandises (type 25) de l'*État belge*.

Toute boîte à huile se compose essentiellement d'un corps de boîte, d'un coussinet et d'un dessous de boîte. Parfois, le coussinet est supprimé, ou du moins fait corps avec la boîte elle-même.

Le corps de boîte est constitué par une sorte de cadre, en fer cémenté et

Digitized by Google

trempé ou en acier moulé, parfois en bronze ou en alliage spécial, ouvert à sa partie inférieure pour permettre le montage du coussinet et la mise en place sur la fusée. Les deux faces latérales et verticales des boîtes sont parfaitement dressées et peuvent coulisser sur les plaques de garde, elles portent des joues qui les maintiennent et les guident sur ces derniers en s'opposant au déplacement transversal de l'essieu. Si au contraire, pour faciliter le passage en courbe, on veut permettre un certain déplacement latéral de l'essieu, on laisse un jeu de quelques millimètres (jusqu'à 10 mm, pour les essieux extrêmes) entre les joues et les glissières, la fusée ayant elle-même un autre jeu dans le coussinet. La partie supérieure de la boîte est creusée en forme de réservoir; cette cavité, fermée à la partie supérieure par une plaque en tôle munie d'un couvercle, reçoit l'huile de graissage qui s'écoule sur la fusée au moyen de conduits verticaux, disposés comme ceux des têtes de bielle et qui peuvent être à mèches ou sans mèches.

Le coussinet en bronze, le plus souvent garni d'antifriction, est parfaitement ajusté à l'intérieur de la boîte et s'applique exactement sur la fusée de l'essieu, maintenu latéralement par des *collets*.

La partie inférieure de la cage de la boîte est fermée par un *dessous de boîte* en fonte mince qui s'applique contre les pinces inférieures du coussinet et laisse un certain jeu autour de l'essieu, de manière à ne pas créer de frottement inutile. Le dessous de boîte est maintenu aux branches de la boîte par une cheville.

Quand les ressorts de suspension sont placés sous les essieux, c'est par l'intermédiaire du dessous de boîte que se fait la transmission de la charge; le dessous de boîte et la cheville doivent être établis en conséquence.

Depuis quelques années, on tend à rapprocher la construction des boîtes à huile des machines, de celles des voitures de chemins de fer et à opérer le graissage par en dessous au moyen d'un *tampon-graisseur* pressé contre la fusée par de légers ressorts, et plongeant dans un bain d'huile contenu dans le dessous de boîte. Le réservoir d'huile supérieur n'est pas supprimé pour cela. En cas d'éventualité, le mécanicien peut graisser à la main par le haut. Cette disposition est plus facilement applicable aux boîtes extérieures qu'aux boîtes intérieures.

Les exemples de boîtes à huile représentées par les figures 651 à 661 qui accompagnent ce paragraphe, sont assez nombreux pour nous dispenser de descriptions qui n'offriraient aucun intérêt.

Nous rappellerons que jusqu'il y a peu d'années on a surtout confectionné les corps de boîtes en fer matricé, métal peu résistant et souvent brûlé à cause des nécessités de sa fabrication, insuffisamment corroyé, et que l'on employait faute d'une matière plus convenable et d'un prix abordable, actuellement fournie par l'acier moulé. Les boîtes en fer doivent avoir leurs surfaces

Digitized by Google

frottante cémentée et trempée, sans quoi leur usure serait trop rapide. Quelques administrations rapportent, sur la partie frottante des boîtes, une semelle en métal plus dur, parfois en acier trempé, tenu par des vis à têtes noyées et que l'on remplace à peu de frais après usure (fig. 655).

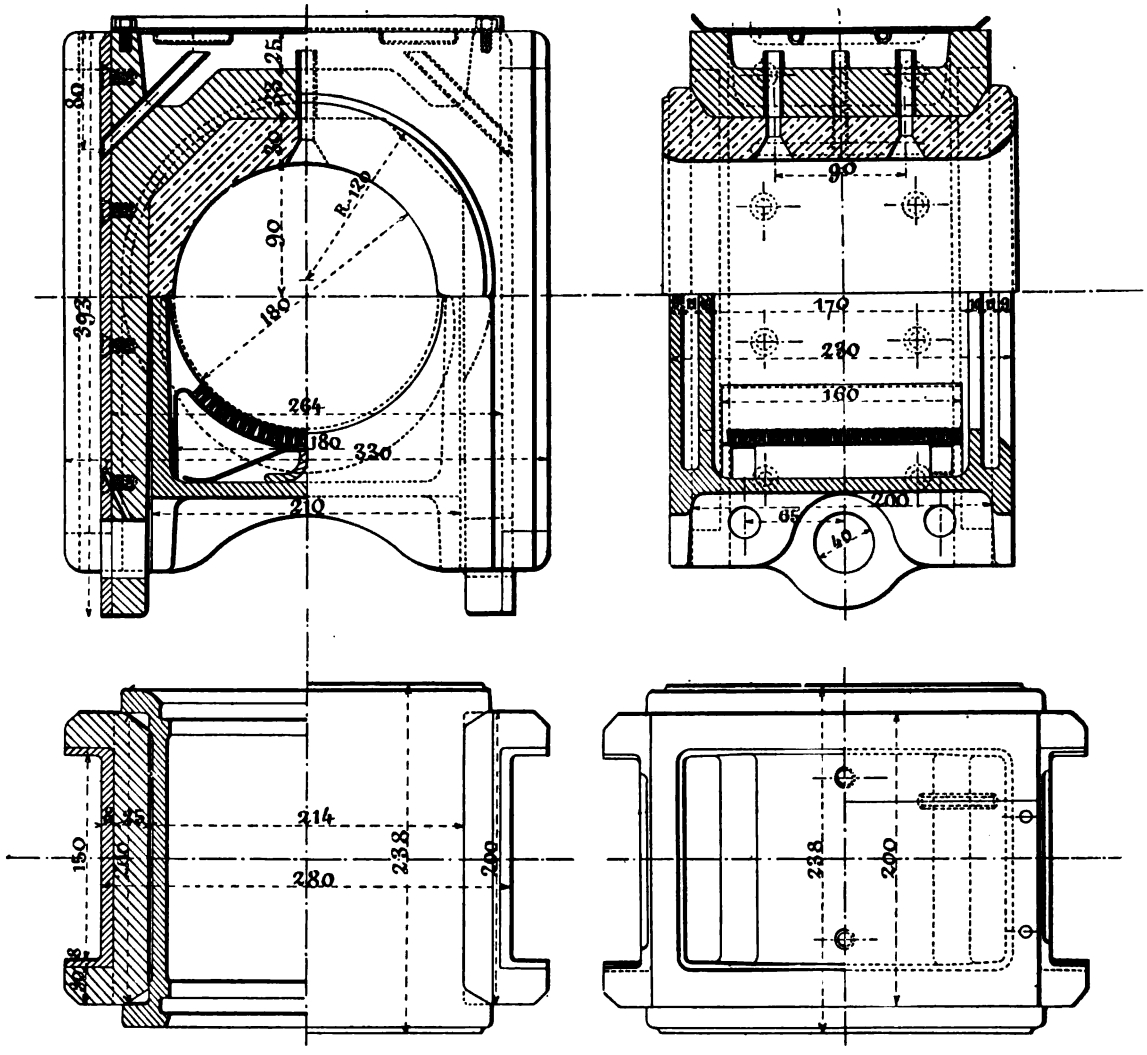


Fig. 655. — Boîte à huile des essieux moteur et accouplé des locomotives compound à grande vitesse de l'*État prussien* (Cologne).

En Angleterre, on emploie généralement des boîtes en bronze d'une très grande simplicité de formes (fig. 656) dans lesquelles on ne rapporte pas de coussinets, le portage de la fusée est alésé directement dans la boîte qui est refondue quand l'usure est devenue suffisante pour justifier le retrait du service de la boîte. Certaines Compagnies placent un coussinet après le réalé-

Digitized by Google

sage pratiqué lorsque l'usure l'a rendue nécessaire. Au *London and North Western*, M. F. W. Webb a introduit une pratique spéciale. Les fusées des locomotives à marchandises ont un diamètre légèrement supérieur à celui des essieux du matériel à voyageurs. Quand les boîtes des machines à grande vitesse ont subi une usure appréciable nécessitant un retournage, on alèse le portage de la quantité voulue pour que la boîte s'applique aux locomotives à marchandises et on les met en magasin jusqu'à ce que l'on puisse en trouver l'emploi.

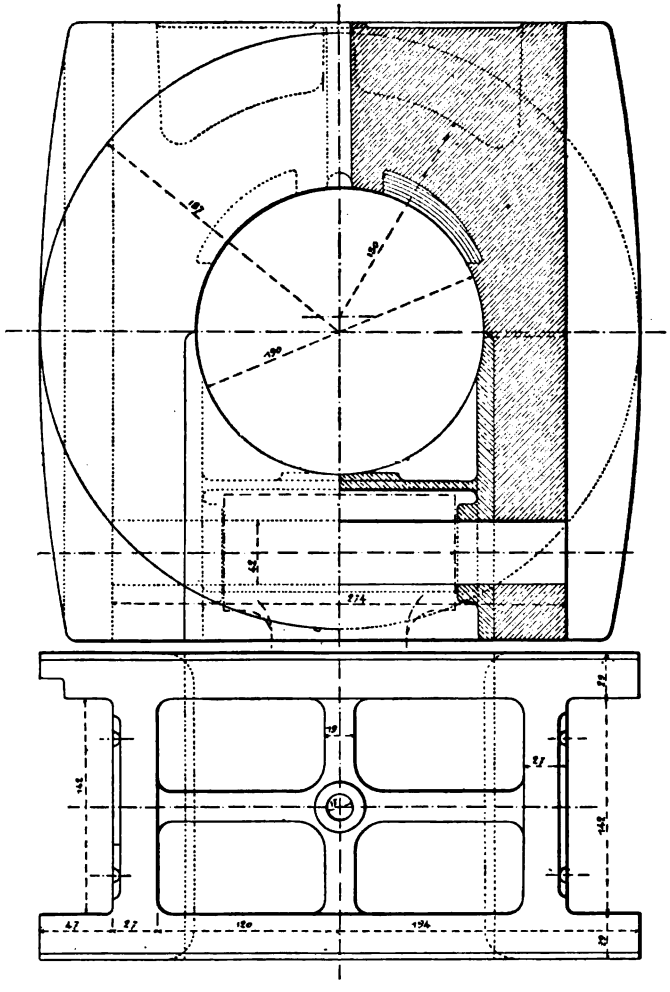


Fig. 656. — Boîte à huile des essieux moteur et accouplé des locomotives à grande vitesse du *Glasgow and South Western*.

Les progrès considérables réalisés dans la fabrication de l'acier moulé semble décider certaines Compagnies anglaises à renoncer à l'usage des boîtes en bronze, mais cette pratique est encore exceptionnelle. Aux États-Unis on emploie d'une manière générale les boîtes en fonte avec coussinets rapportés quoique l'acier moulé commence à être très usité (voir fig. 657); les boîtes en bronze sont aussi assez répandues en Amérique; le *New-York Central* emploie pour la confection des boîtes à huile de ses machines un alliage spécial dont nous parlons ailleurs.

Les boîtes des essieux porteurs ne présentent en général aucune particularité dans leur mode de construction, lorsque les fusées sont intérieures. Si elles sont extérieures, elles ont une forme spéciale et sont fermées vers le dehors; en France on emploie généralement alors la boîte Delannoy. Dans

Digitized by Google

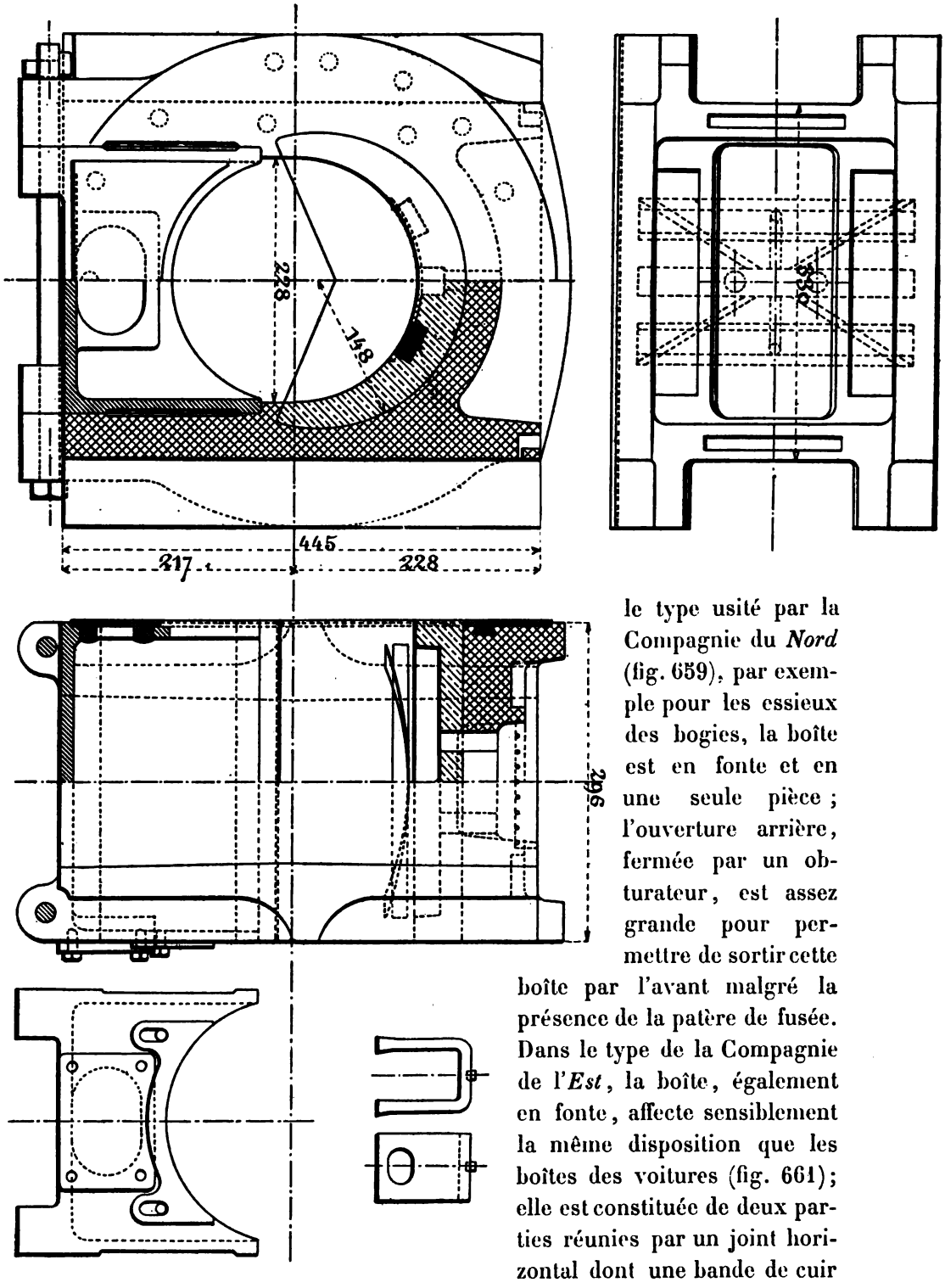


Fig. 657. — Boîte à huile de l'essieu moteur des locomotives à grande vitesse du *N. Y. N. H. and H. RR.* (Schenectady Locomotive Works).

le type usité par la Compagnie du *Nord* (fig. 659), par exemple pour les essieux des bogies, la boîte est en fonte et en une seule pièce ; l'ouverture arrière, fermée par un obturateur, est assez grande pour permettre de sortir cette boîte par l'avant malgré la présence de la patère de fusée. Dans le type de la Compagnie de l'*Est*, la boîte, également en fonte, affecte sensiblement la même disposition que les boîtes des voitures (fig. 661) ; elle est constituée de deux parties réunies par un joint horizontal dont une bande de cuir

Digitized by Google

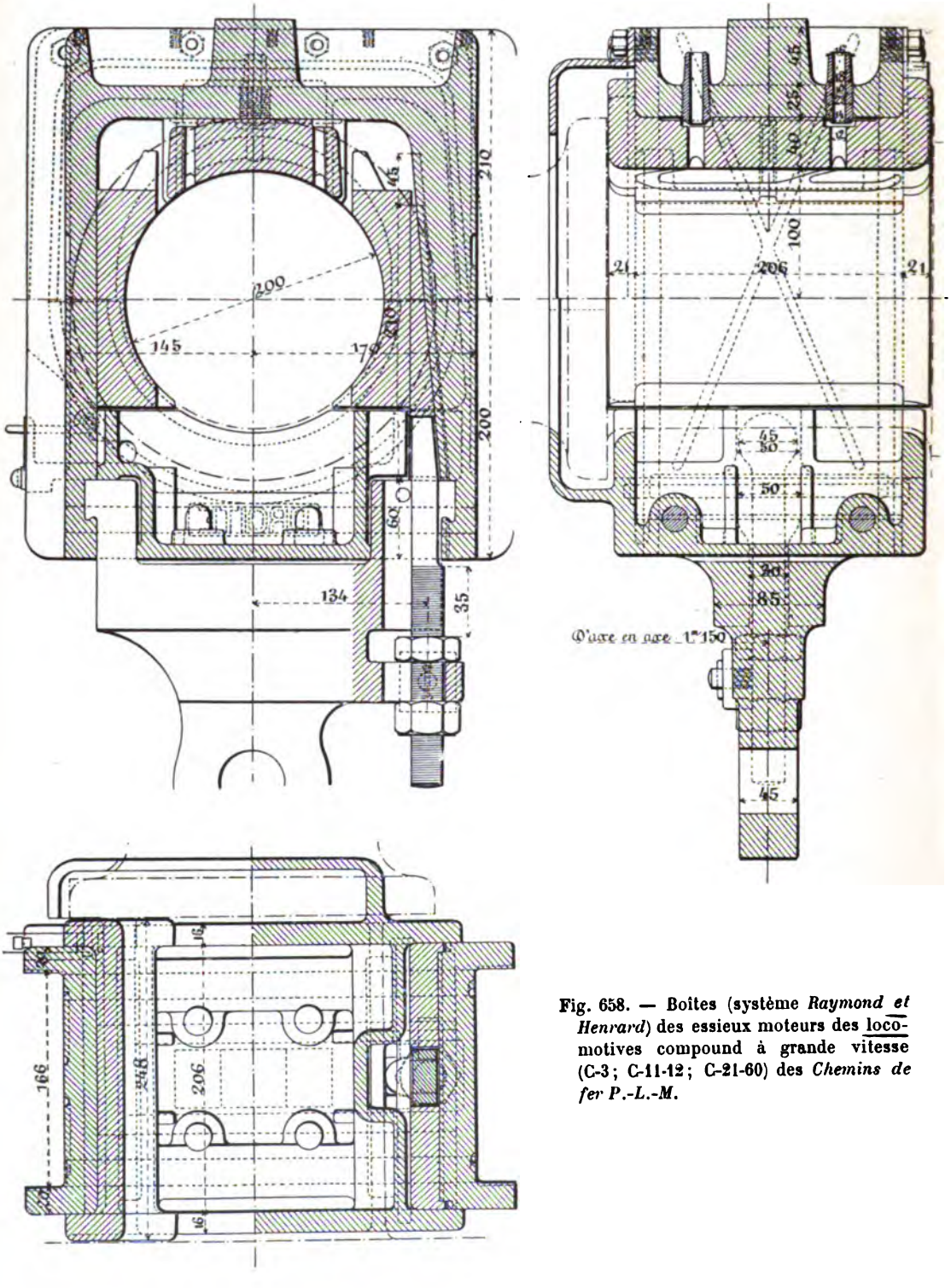


Fig. 658. — Boîtes (système *Raymond et Henrard*) des essieux moteurs des locomotives compound à grande vitesse (C-3 ; C-11-12 ; C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

Digitized by Google

assure l'étanchéité et qui correspond à peu près au plan horizontal passant par le centre de l'essieu.

En Angleterre, on emploie beaucoup, pour les essieux porteurs à fusées extérieures comme pour les tenders, des boîtes à porte dont le démontage

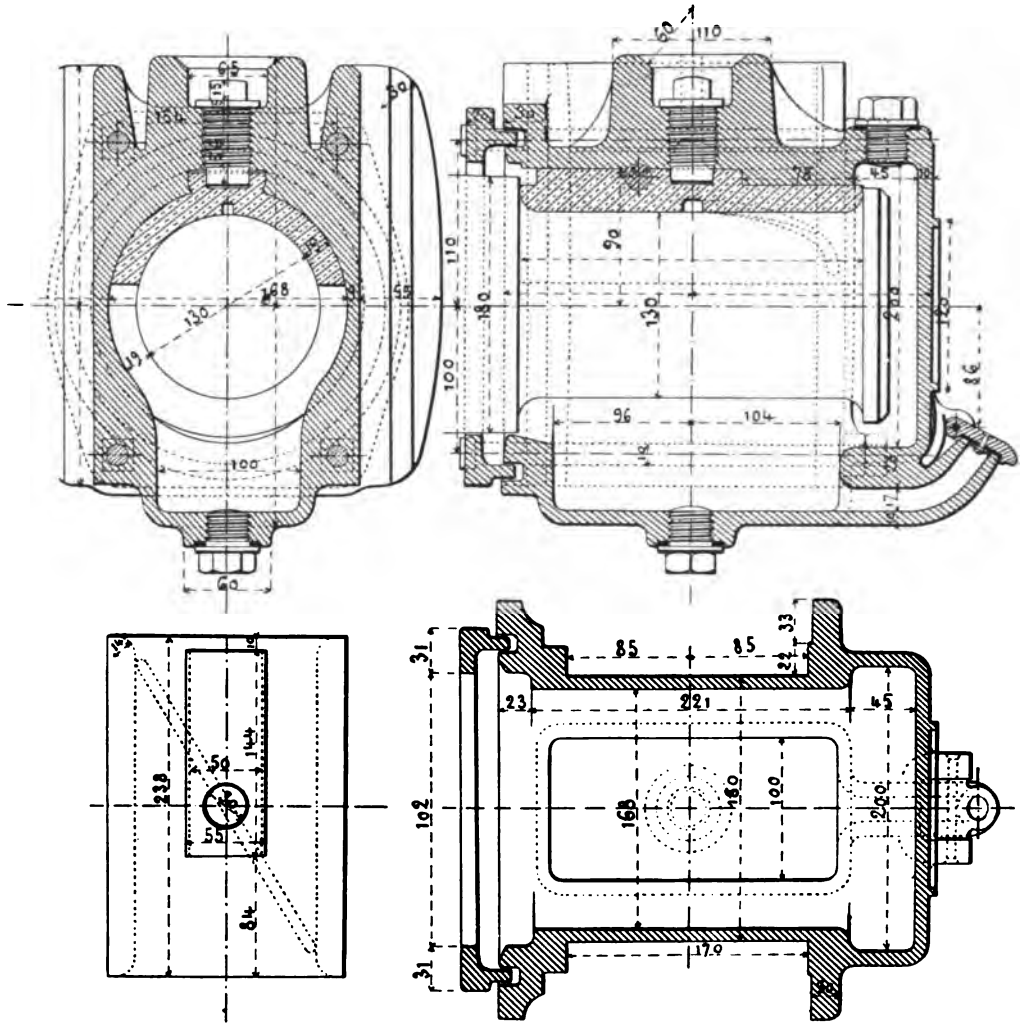


Fig. 659. — Boîte à huile (système Delannoy); avant-trains des locomotives (séries 2121-2157; 2201-2212; 2821-2911; 3021-3075) de la *Compagnie du Nord*.

s'effectue très rapidement. On soulage légèrement la boîte avec un vérin et on retire une cale interposée entre le dessus du coussinet et le dessous du corps de boîte. On peut alors, pour le visiter, sortir le coussinet par la porte pratiquée sur l'avant de la boîte; si la fusée ne comporte pas de patère, il suffit de soulever la boîte de quelques millimètres pour pouvoir opérer ce démontage.

Digitized by Google

Les boîtes à huile présentant la disposition générale que nous avons indiquée n'offrent pas à vrai dire une forme très rationnelle pour les essieux moteurs et accouplés [1]. Elles ont été imitées des boîtes d'essieu des véhicules ordinaires dont elles ne diffèrent pas en principe. Elles sont cependant appelées à jouer un rôle différent, puisqu'elle sont pour but non seulement de porter le véhicule sur ses fusées, mais encore de remplir l'office de paliers, la locomotive étant considérée comme machine à vapeur. Ils ont donc à supporter les efforts horizontaux dus à la poussée alternative du piston et des efforts plus ou moins obliques dus à l'action de la force centrifuge. Or, c'est au plus considérable de ces efforts, à celui qui s'exerce dans le plan horizontal, alternativement dans les deux sens, que le coussinet présente la moindre surface d'appui, puisqu'elle ne commence qu'au-dessus du plan horizontal passant par l'axe de la fusée. Il s'ensuit une usure exagérée dans le sens horizontal amenant un mouvement de va-et-vient de la fusée dans son coussinet chaque fois que l'effort moteur change de sens ; la surface maximum d'appui sous la charge horizontale ne peut pas dépasser celle qui correspond au développement du quart de la circonférence intérieure du coussinet. Ces inconvénients sont bien reconnus par tous les ingénieurs de chemins de fer, mais beaucoup ont reculé devant la complication que peuvent entraîner les dispositifs propres à y remédier.

M. L. Raymond, ingénieur des chemins de fer du *Grand central belge*, a imaginé une boîte, rappelant par sa disposition générale celle des paliers de certaines machines fixes horizontales et composée de trois coussinets. L'un d'eux, placé au-dessus de la fusée, transmet à celle-ci la charge due à la pesanteur. Les deux autres coussinets embrassent l'essieu latéralement et déterminent sa position dans le sens longitudinal de la machine tout en présentant une large surface d'appui. Cette boîte est caractérisée par la mobilité de chacun des trois coussinets sur sa surface de contact avec l'intérieur du corps de boîte dans lequel ils sont simplement retenus par des rebords qui en empêchent le déplacement transversal. Les coussinets doivent être ajustés avec soin ; si on laisse subsister un faible jeu longitudinal, le coussinet supérieur devra se déplacer et suivre la fusée dans son mouvement longitudinal alternatif. Quand, par suite de l'usure du coussinet supérieur, le corps de la boîte descend, les coussinets latéraux restent suspendus sur l'essieu et viennent glisser contre le corps de boîte par leurs surfaces extérieures. Le réglage des coussinets verticaux s'effectue à l'aide d'un coin placé à l'opposé de celui qui sert au réglage de la boîte dans ses glissières ; on peut ainsi corriger par l'un l'action de l'autre et éviter le

[1] Note sur une boîte rationnelle pour essieu moteur de locomotive, par Maurice Urban, directeur de la Traction et du matériel du *Grand central belge*. *Revue générale des chemins de fer*, n° de mars 1885.

Digitized by Google

déplacement horizontal de l'axe de l'essieu par rapport au plan des cylindres. On doit laisser, entre les coussinets latéraux et le coussinet supérieur, un faible jeu permettant d'opérer un certain rattrapage.

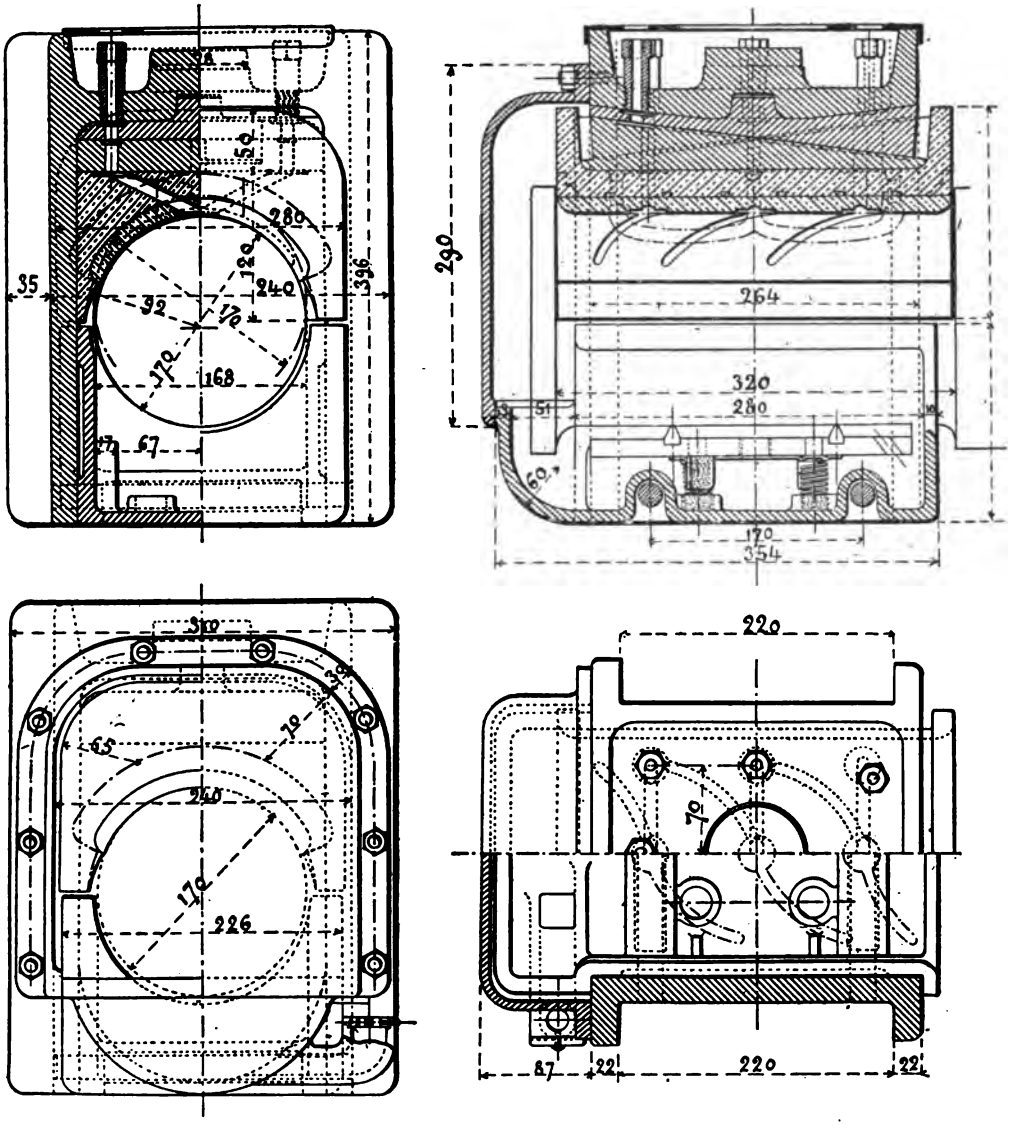


Fig. 660. — Boîte à huile d'arrière, avec plans inclinés (essieu porteur) des locomotives de banlieue (série 729-742) des *Chemins de fer de l'Est*.

Les boîtes de ce système paraissent favorables au bon entretien des machines en permettant de conserver aux essieux moteurs et accouplés leur parallélisme et leurs distances respectives. L'application générale des freins à air aux locomotives à voyageurs, freins à quatre sabots exerçant sur les

Digitized by Google

boîtes une poussée horizontale assez considérable, en rend l'emploi plus avantageux encore pour ces machines.

La pratique a démontré que les boîtes de ce système permettent de plus grands parcours, sans réajustage de boîtes et de coussinets, que les boîtes ordinaires ; elles diminuent les chocs et sont aussi favorables à la durée des organes du mouvement. D'autre part, elles présentent une certaine complication qui a jusqu'ici empêché leur généralisation.

Cette boîte, successivement modifiée et perfectionnée, portant aujourd'hui le nom de boîte Raymond et Henrard, est d'un emploi général sur le Grand central belge et a été appliquée récemment par la Compagnie de *Paris-Lyon-Méditerranée* à ses locomotives compound à grande vitesse sous la forme représentée figure 658. Pour éviter d'obtenir un serrage excessif des coussinets latéraux qui pourrait se produire si on cherchait à supprimer complètement le jeu dans le sens horizontal, on admet la nécessité d'un jeu de quelques dixièmes de millimètre (environ 1/4 de mm. au réglage) ; pour assurer ce jeu et le limiter à la valeur ci-dessus, on commence par serrer les coussinets à bloc avec le coin, on laisse ensuite celui-ci redescendre d'environ 5 mm.

Les surfaces frottantes des glissières et des boîtes ont besoin d'être graissées, ce qui est assez difficile à réaliser en cours de route. A l'imitation de ce qui se fait depuis longtemps sur les machines anglaises, certaines Compagnies ont établi dans leurs locomotives, au-dessus du tablier, généralement contre la face intérieure des couvre-roues, des petits réservoirs d'huile, à mèche, communiquant par deux tuyaux, avec les faces des glissières et par un autre tuyau central avec le réservoir du dessus de boîtes. Ces graisseurs facilitent beaucoup le travail du mécanicien.

303. Suspension. — Le châssis de la locomotive et tous les organes qui y sont fixés reposent sur les boîtes à huile par l'intermédiaire de ressorts et d'organes accessoires qui servent à atténuer l'action des chocs dus aux inégalités de la voie et permettent la répartition de la charge et son réglage sur chaque roue. Les ressorts des locomotives doivent être peu flexibles afin que le déplacement vertical des boîtes dans les glissières de plaques de garde reste toujours très limité. S'il en était autrement, le centre de l'essieu moteur s'écarterait par trop de l'axe des cylindres et il en résulterait un déréglage préjudiciable au bon fonctionnement. De même les essieux accouplés ne doivent pas subir des déplacements verticaux relatifs trop grands à cause de l'obliquité que prennent alors les bielles dans le plan vertical. C'est seulement grâce au jeu laissé aux boîtes dans leurs glissières et aux têtes de bielles d'accouplement sur leurs boutons, que ce déplacement et cette obliquité sont possibles, encore doivent-ils rester faibles sous peine d'entraîner des coincements et même des ruptures de bielles d'accouplement.

Digitized by Google

Si peu flexibles que soient les ressorts de locomotives, ils n'en sont pas moins de première utilité, pour la bonne conservation tant des organes que la voie.

La charge non suspendue des locomotives se

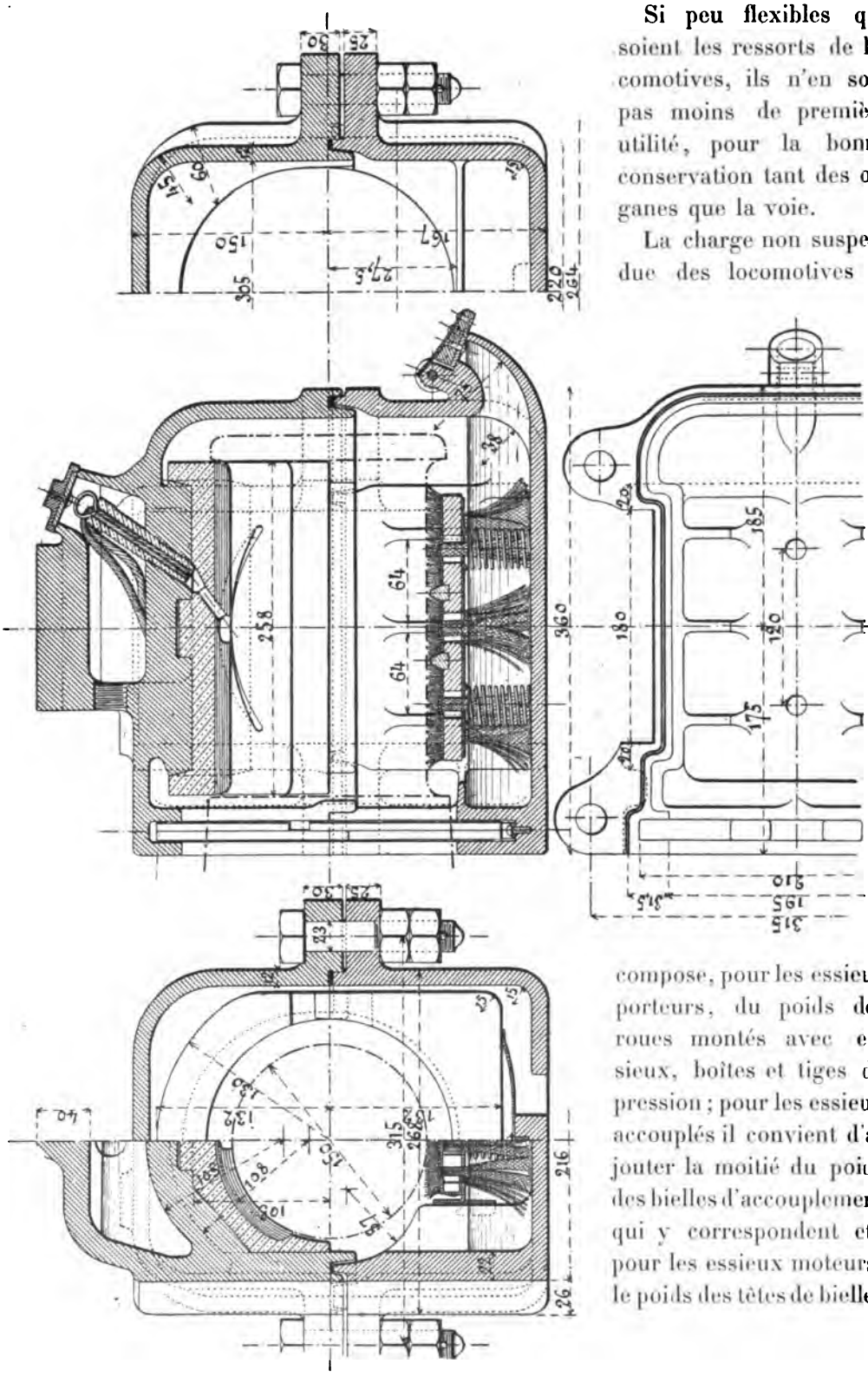


Fig. 661. — Boîte à huile du bogie des locomotives à grande vitesse (série 801-824) des *Chemins de fer de l'Est*.

compose, pour les essieux porteurs, du poids des roues montés avec essieux, boîtes et tiges de pression ; pour les essieux accouplés il convient d'ajouter la moitié du poids des bielles d'accouplement qui y correspondent et, pour les essieux moteurs, le poids des têtes de bielles

Digitized by Google

motrices et environ la moitié du corps de ces bielles dont l'extrémité avant repose sur les crosses et glissières. Le poids non suspendu a une action bien plus destructive sur la voie que les poids suspendus, mais on ne peut le réduire sans compromettre la sécurité. Ce poids total non suspendu varie dans les locomotives modernes entre 10 et 13 tonnes. Il dépasse parfois 5 tonnes pour les essieux moteurs et coudés de machines à cylindres intérieurs ; il est rarement supérieur à 2,5 tonnes pour les essieux porteurs. Ces poids non suspendus sont notablement plus grands dans les locomotives américaines qui ont des roues en fonte et des bandages très épais.

304. Ressorts de suspension. — Dans l'immense majorité des cas, les ressorts des locomotives sont à *lames étagées et superposées*. La longueur de ces lames décroît à partir de la *maîtresse feuille* ou lame supérieure qui reçoit directement la charge. Le ressort se trouve avoir ainsi sensiblement la forme d'un solide d'égale résistance encastré en son milieu et chargé par ses deux extrémités. Cette forme a l'avantage de donner aux ressorts une flexibilité à peu près double de celle qu'ils posséderaient si toutes les feuilles avaient la même longueur.

La feuille supérieure, la plus longue ou maîtresse feuille, reçoit à ses extrémités la charge de la machine par l'intermédiaire des tiges de pression ; en raison des charges importantes que supportent les ressorts de locomotives on dispose habituellement sur le dessus du ressort, plusieurs lames de même longueur que la maîtresse-lame, ordinairement deux à trois.

Les feuilles des ressorts sont superposées dans l'ordre voulu. Elles sont maintenues transversalement, les unes par rapport aux autres, au milieu à l'aide d'une bride en fer forgé, rabotée et dressée intérieurement, puis posée à chaud pour assurer un serrage énergique ; cette bride porte, de forge, soit la tige de pression qui s'applique sur le dessus de boîte quand le ressort est placé au-dessus de l'essieu, soit l'œil d'attache de la tige de suspension, articulée au dessous de boîte, quand le ressort est placé à la partie inférieure. L'assemblage des feuilles est complété par des étoquiaux, sortes de petits goujons placés vers l'extrémité des lames et pénétrant dans une rainure pratiquée sur le bout de la lame immédiatement inférieure, assez longue pour ne pas s'opposer aux glissements relatifs des feuilles sous l'action des variations de la charge. Depuis quelques années, surtout en France, on fait souvent venir les feuilles, de laminage, avec une petite nervure arrondie sur une face et une gorge reproduisant en creux le profil de cette nervure, sur l'autre face (fig. 664). Lorsque le ressort est formé, la nervure de chaque lame s'engage dans la rainure de la feuille voisine et sert à donner, sur toute la longueur du ressort, une liaison transversale complète. Ce système est préférable à celui des étoquiaux, car il facilite la fabrication des ressorts et

Digitized by Google

évite l'affaiblissement des lames dû au perçage du trou destiné à recevoir l'étoquiau.

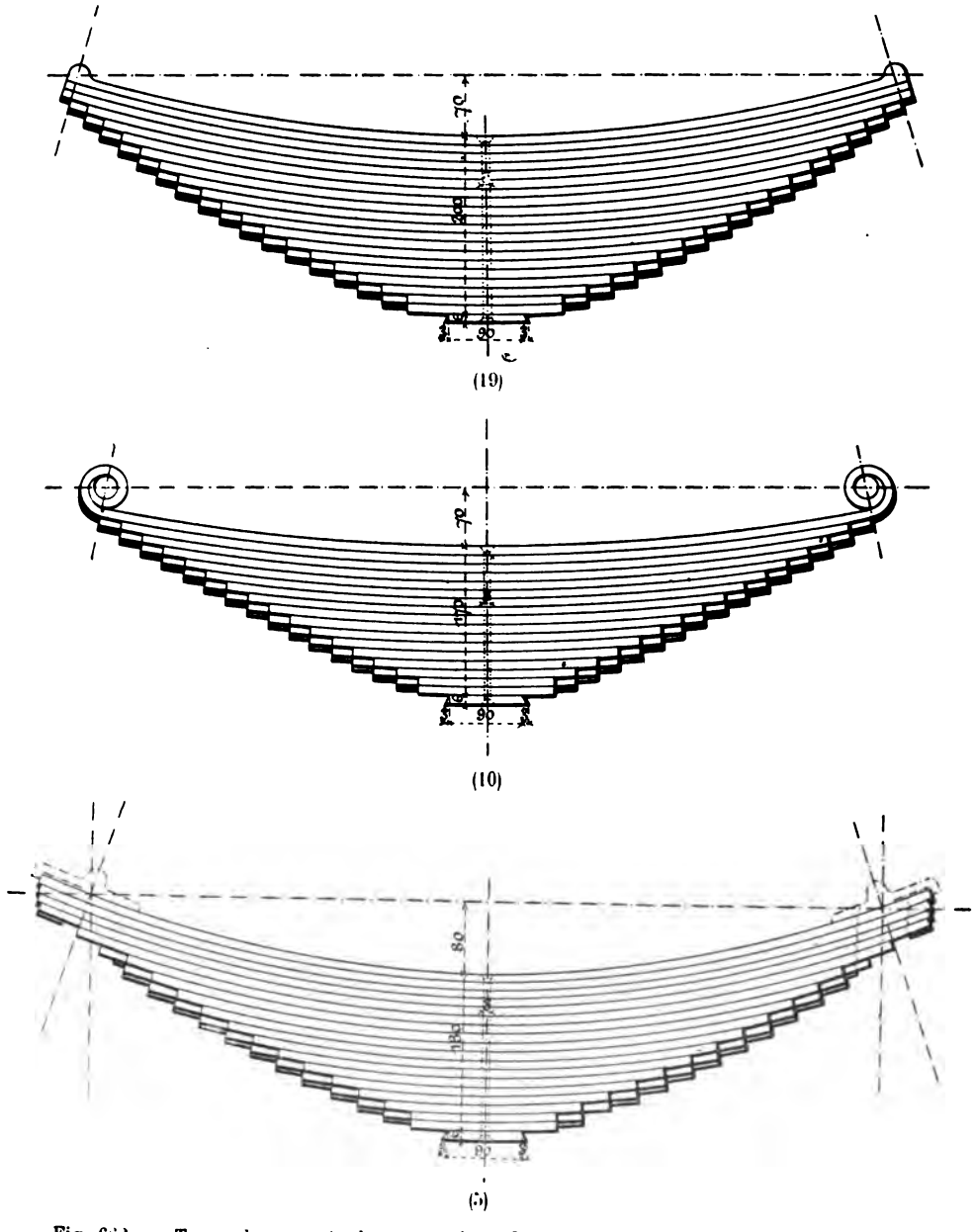


Fig. 662. — Types de ressorts de suspension (*Ouest*). Exemple des trois types principaux de maitresses-lames : à couteaux, à rouleaux, à couteaux rapportés.

Les ressorts sont fabriqués avec une certaine flèche, variable suivant leur longueur et leur flexibilité et qui est en général calculée de manière que le ressort ne se redresse pas complètement sous la plus forte charge. Cepen-

Digitized by Google

dant, à l'*Etat belge*, M. Belpaire a introduit des ressorts droits, ne comportant aucune flèche de fabrication et qui se cintrent vers le bas sous l'action de la charge.

Quelquefois, mais rarement, on emploie pour la suspension des locomotives des ressorts à pincettes (*Lancashire and Yorkshire*) formés par la super-

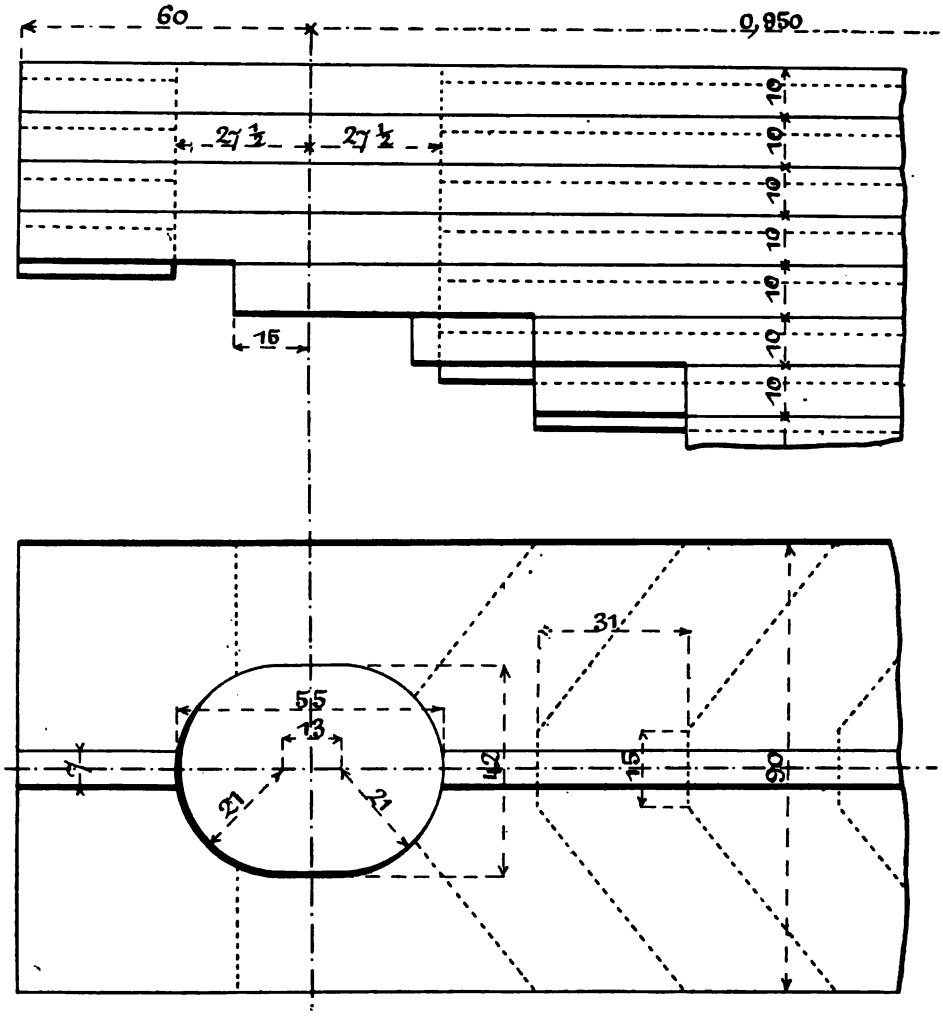


Fig. 663. — Disposition des extrémités des feuilles, le ressort étant redressé (*Ouest*).

position de deux ressorts semblables, se touchant par leurs extrémités et tournant l'un vers l'autre leur concavité. La flexibilité de l'ensemble est double de celle de chaque ressort considéré en particulier.

En Angleterre, on emploie assez fréquemment pour la suspension sur l'essieu moteur des machines très chargées, des ressorts hélicoïdaux à fil rond ou carré placés par couples sous les boîtes. Ils ont l'avantage, lorsque la charge

Digitized by Google

est considérable, de présenter moins d'encombrement et de poids que les ressorts à feuilles superposées. Ces ressorts, suspendus au dessous de boîte, sont chargés par l'entretoise des plaques de garde (fig. 442).

Nous n'insisterons pas plus longuement sur le sujet des ressorts, renvoyant pour leur étude aux nombreux ouvrages dans lesquels ce sujet est traité au point de vue théorique et au chapitre précédent de ce livre où on trouvera les conditions générales de réception des aciers à ressorts.

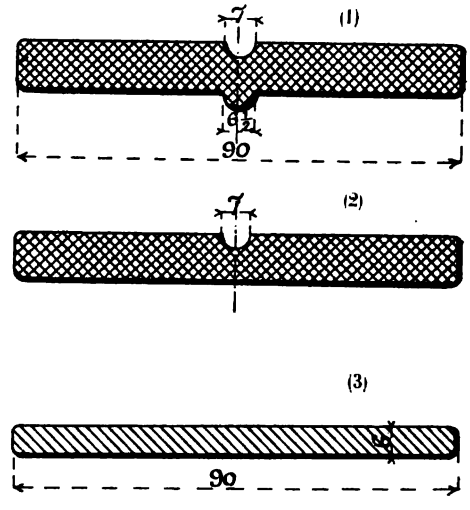


Fig. 664. — Section de lames de ressort (*Ouest*).
(1) Section des 17 premières feuilles ;
(2) Section de la 18e feuille ;
(3) Section de la cale.

La flexibilité des ressorts de locomotives varie de 5 à 12 mm. par tonne pour les ressorts moteurs et accouplés, elle peut atteindre de 16 à 25 mm. pour les essieux porteurs. La flexibilité des différents ressorts des essieux accouplés d'une même machine doit présenter une assez grande uniformité sans laquelle il se produirait, en vitesse, sous l'action des dénivellations et des réactions de la vote, des surcharges excessives des essieux comportant les ressorts les plus raides.

Nous nous contenterons de donner quelques exemples.

Les figures 662 à 664 représentent quelques ressorts de locomotives appartenant à la Compagnie de l'*Ouest*.

Ressorts d'arrière et de milieu des machines à grande vitesse (série 951 à 982) (n° 5) répondant aux conditions suivantes :

Charge d'essai	15,460	kg.
Allongement par mètre correspondant à la charge d'essai.	0,0068	—
Flèche de fabrication	0,080	—
Étagement de fabrication	0,031	—
Nombre de feuilles	18	
Largeur des feuilles	0,090	—
Épaisseur des feuilles	0,010	—
Flexibilité par 1 000 kil.	0,008	—
Longueur développée de la 1re feuille, entre les points de suspension	0,950	—

Ressorts des essieux accouplés des machines de banlieue 1 à 150 (n° 19), munies du frein à air à cames et à quatre sabots, répondant aux conditions ci-après :

Digitized by Google

Charge d'essai	17,170	kg.
Allongement par mètre correspondant à la charge d'essai.	0,0068	—
Flèche de fabrication	0,070	—
Étagement de fabrication	0,024	—
Nombre de feuilles	20	
Largeur des feuilles	0,0190	—
Épaisseur des feuilles	0,010	—
Flexibilité par 1 000 kil	0,0075	—
Longueur développée de la 1re feuille entre les points de suspension	0,950	—

Ressorts des essieux avant des machines 266 à 273 (n° 10) répondant aux conditions suivantes :

Charge d'essai	15,400	kg.
Allongement par mètre correspondant à la charge d'essai.	0,0068	—
Flèche de fabrication	0,070	—
Étagement de fabrication	0,025	—
Nombre de feuilles	17	
Largeur des feuilles	0,090	—
Épaisseur des feuilles	0,010	—
Flexibilité par 1 000 kil	0,008	—
Longueur développée de la 1re feuille de centre en centre des rouleaux	0,900	—

On trouvera ci-dessous les dimensions principales des ressorts de quelques séries de locomotives de la Compagnie d'*Orléans :*

DIMENSIONS DES RESSORTS DE QUELQUES LOCOMOTIVES DE LA Cie D'ORLÉANS

DÉSIGNATION DES MACHINES			EXPRESS 4 roues accouplées. 51 à 86	EXPRESS 4 roues accouplées. 101-102	MARCHANDISES 6 roues accouplées. 812 à 941	MARCHANDISES 8 roues accouplées. 1141 à 1258	MARCHANDISES 6 roues accouplées. 1811 à 1831
Feuilles — Nombre	1er essieu		12	12	12	11	13
	2e et 3e essieu		9	7	—	—	19
	4e essieu		10	13	—	—	12
Feuilles — Dimensions	1er essieu	mm.	0,110 × 11	0,110 × 11	0,090 × 13	0,090 × 12	0,090 × 12
	2e et 3e essieu	—	0,110 × 12	0,110 × 15	—	—	0,110 × 12
	4e essieu	—	0,090 × 10	0,090 × 10	—	—	0,110 × 11
Étagement	1er essieu	—	0,0395	0,0395	0,0395	0,0439	0,0359
	2e et 3e essieu	—	0,0303	0,0475	—	—	0,0303
	4e essieu	—	0,075	0,0505	—	—	0,0395
Flexibilité par tonne	1er essieu	—	0,006	0,006	0,0045	0,063	0,0055
	2e et 3e essieu	—	0,0067	0,0083	—	—	0,0067
	4e essieu	—	0,0397	0,0247	—	—	0,006
Rayon de fabrication	1er essieu	—	1,550	1,550	3,025	1,760	2,424
	2e et 3e essieu	—	1,930	2,001	—	—	1,620
	4e essieu	—	1,9015	1,360	—	—	1,180
Poids en charge	1er essieu	kg.	12 670	14 520	12 200	12 200	12 400
	2e essieu	—	14 660	16 260	13 060	12 720	12 500
	3e essieu	—	14 110	16 100	12 310	13 500	13 900
	4e essieu	—	6 860	9 450	—	11 760	12 700

Digitized by Google

On trouvera ci-après un tableau intéressant, extrait d'une note que la Compagnie a bien voulu nous communiquer, donnant les conditions d'établissement et les dimensions des ressorts de suspension et de traction des locomotives et des tenders de tous les types de la Compagnie de l'*Est* (fig. 665 et 666). Ce tableau présente un ensemble qui lui donne un intérêt particulier.

On trouvera ci-dessous quelques-unes des prescriptions relatives à la mise en œuvre de ces ressorts.

Les ressorts neufs, de même type, doivent être composés de lames de même qualité, ayant exactement la même section.

Il convient de chauffer les feuilles uniformément, sans dépasser la limite

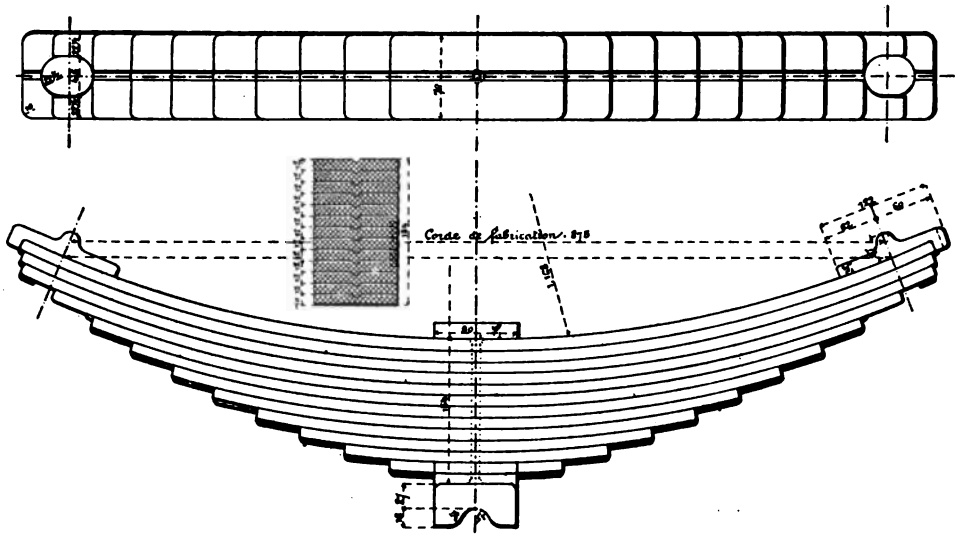


Fig. 665. — Ressort de suspension (*Est*; mach. 729-742).

de température qui correspond à l'acier employé. On doit vérifier, par de fréquents essais sur des lames isolées, si les degrés de trempe et de recuit adoptés conviennent aux différentes livraisons d'acier et donnent l'élasticité voulue.

Les rouleaux, si le type du ressort en comporte, doivent être parallèles entre eux et normaux au plan médian du ressort.

Afin de compenser la perte de flèche initiale indispensable à la bonne jonction des feuilles, les ressorts doivent être construits avec une flèche de fabrication légèrement supérieure à la cote normale. La différence ne doit pas excéder quatre pour cent.

Il convient également de ménager entre les feuilles simplement juxtaposées, avant leur réunion par un rivet, un jeu sensiblement proportionnel à leur longueur.

Digitized by Google

RESSORTS DE SUSPENSION ET DE TRACTION IS

RESSORTS

SÉRIE DE MACHINES	DÉSIGNATION des ressorts.	NOMBRE de feuilles.	SECTION des feuilles.	CORDE de fabrication.	FLÈCHE de fabrication.	RAYON de fabrication.	CHARGE à l'épreuve.	FLEXION par 1 000 kilogr.	POIDS du ressort.	FLEXION sous charge d'épreuve.	[illegible]
						Mètres.	Kilogr.	Mm.	Kg.	Millim.	
1 à 40; 51 à 78	AV. M. AR. .	10	90×12	926	110	1,029	9000	10,66	53	96	96.
79 à 90; 174 à 188. . . .	Avant	11	1 f. 90×15 10 f. 90×12	860	90	1,072	10730	7,6	58	81,37	86,5
	Milieu	9	1 f. 90×15 8 f. 90×12	880	60	1,643	8700	9,55	47	83,15	893,6
	Arrière	11	90×15	1,095	90	1,710	13320	7,77	85	103,61	1,115
601 à 612.	Avant.	9	1 f. 90×15 8 f. 90×12	860	85	1,124	8780	9,31	47	81,79	886
	Milieu	7	1 f. 90×15 6 f. 90×12	880	60	1,643	6770	12,28	38	83,19	893,6
	Arrière. . . .	11	90×15	1,095	90	1,710	13320	7,77	85	103,61	1,115
158 à 173.	Avant	10	1 f. 90×15 9 f. 90×12	860	80	1,195	9790	8,29	49	81,19	882,
	Moteur. . . .	10	90×10	700	60	1,050	8335	7,76	36	64,7	719,
	Arrière. . . .	14	90×12	1,190	130	1,427	9850	16,92	87	156,88	1.227,
91 à 100; 304 à 361. . . .	AV. M. AR. .	10	1 f. 90×15 9 f. 90×12	860	80	1,195	9790	8,29	50	81,19	882,8
101 à 135; 144 à 157; 259 et 260.	AV. Milieu . .	10	90×11	720	60	1,110	9790	6,39	39	62,56	741,9
	Arrière	11	90×12	1,180	140	1,313	7770	20,07	77	156,00	1.223,
101 à 120; 144 à 157; 259 et 260, avec foyer allongé de 437 et châssis allongé de 210	Arrière	7	90×10	644	60	895	7000	8	24	56	661,7
189 à 222; 243 à 258 . . .	Avant	10	1 f. 90×15 9 f. 90×12	860	80	1,195	9790	8,29	50	81,19	882,8
	M. et AR. . .	9	1 f. 90×15 8 f. 90×12	860	80	1,195	8800	9,21	47	81,10	882,8
	4e essieu . . .	8	90×10	856	85	1,120	6000	16,33	34	97,98	878,9
362 à 420	AV. M. AR. .	11	1 f. 90×15 10 f. 90×12	875	60	1,625	10727	7,62	58	81,81	886
	4e essieu . . .	8	90×10	856	85	1,120	6000	16,33	34	97,98	878,9
421 à 440.	AV. M. AR. .	10	1 f. 90×15 9 f. 90×12	875	60	1,625	9745	8,38	51	81,7	886
441 à 485.	AV. M. AR. .	12	90×12	890	35	2,846	11650	6,3	62	73,39	905,6
501 à 510; 511 à 522; 523 à 542 et 543 à 562. . .	AV. M. AR. .	12	90×12	893,3	50	2,020	11500	6,95	62	79,92	900
L. S. 20 à 22	AV.	17	1 f. 100×15 16 f. 100×10	875	75	1,313	11330	5,16	80	58,57	900
	Milieu. AR. .	11	90×12	893,3	50	2,020	10560	6,1	58	64,41	900
271 et 276.	AV.	12	90×12	880	65	1,521,7	11620	7,13	58	82,94	892,3
	Milieu	12	90×12	890	65	1,555,7	11500	7,32	62	84,22	900
	AR.	12	90×12	893,3	50	2,020	11500	7,32	62	84,22	900
277 à 285.	AV. et M. . .	12	90×12	890	65	1,555,7	11500	7,32	62	84,22	900
	AR.	12	90×12	893,3	50	2,020	11500	7,32	62	84,22	900
B_1 à B_2.	AV. et M. . .	11	65×9	600	60	782	6250	8,49	22	53,09	617,3
613 à 692.	AV.M.3eAV.AR.	12	90×12	875	85	1,168	11500	5,54	63	64	888,7
	intermd moteur	4	90×12	590	44	1,000	5760	6,1	16	35,13	600

Digitized by Google

OCOMOTIVES DE LA COMPAGNIE DE L'EST

USPENSION

ÉTAGEMENT	LONGUEURS DÉVELOPPÉES DES FEUILLES																
	1re	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e	14e	15e	16e	17e
52,5	1,068	1,068	968	863	758	653	548	443	338	233	»	»	»	»	»	»	»
49	978	978	978	880	782	684	586	488	390	292	194	»	»	»	»	»	»
55	978	978	882	772	662	552	442	332	222	»	»	»	»	»	»	»	»
54,5	1,515	1,154	1,082	973	864	755	646	537	428	319	210	»	»	»	»	»	»
54	978	978	886	778	670	562	454	346	238	»	»	»	»	»	»	»	»
80	978	978	886	726	566	406	246	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
54,5	1,515	1,154	1,082	973	864	755	646	537	428	319	210	»	»	»	»	»	»
48,5	978	978	886	789	692	595	498	401	304	207	»	»	»	»	»	»	»
37	818	818	714	640	566	492	418	344	270	196	»	»	»	»	»	»	»
44	1,327	1,327	1,208	1,120	1,032	944	856	768	680	592	504	416	328	240	»	»	»
48,5	978	978	886	789	692	595	498	401	304	207	»	»	»	»	»	»	»
88	826	826	730	654	578	502	426	350	274	198	»	»	»	»	»	»	»
58	1,170	1,260	1,204	1,088	972	856	740	624	508	392	276	»	»	»	»	»	»
55,5	754	754	650	542	432	320	206	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
48,5	978	978	886	789	692	595	498	401	304	207	»	»	»	»	»	»	»
54	978	978	886	778	670	562	454	346	238	»	»	»	»	»	»	»	»
64,3	988	992	866	740	612	483	353	223	»	»	»	»	»	»	»	»	»
40	978	978	890	810	730	650	570	490	410	330	250	»	»	»	»	»	»
64,3	988	992	866	740	612	483	353	223	»	»	»	»	»	»	»	»	»
46,5	978	978	888	795	702	609	516	423	330	237	»	»	»	»	»	»	»
45	992	992	992	896	806	716	626	536	446	356	266	176	»	»	»	»	»
44,5	1,000	1,000	989	900	811	722	633	544	455	366	277	188	»	»	»	»	»
27,5	1,000	1,000	1,000	902	847	792	737	682	627	572	517	462	407	352	297	242	187
50,6	1,000	1,000	1,000	900	799	697	596	495	394	292	191	»	»	»	»	»	»
38	920	904	874	798	722	646	570	494	418	342	266	190	»	»	»	»	»
44,5	1,000	1,000	989	900	811	722	633	544	455	366	277	188	»	»	»	»	»
44,5	1,000	1,000	989	900	811	722	633	544	455	366	277	188	»	»	»	»	»
44,5	1,000	1,000	989	900	811	722	633	544	455	366	277	188	»	»	»	»	»
44,5	1,000	1,000	989	900	811	722	633	544	455	366	277	188	»	»	»	»	»
34,5	710	710	710	614	545	475	406	337	268	199	130	»	»	»	»	»	»
45	1,000	1.000	1,000	917	832	747	660	570	480	388	295	205	»	»	»	»	»
87,5	700	700	430	255	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Digitized by Google

RESSORTS DE SUSPENSION ET DE TRACTION DES

RESSORTS DE

SÉRIES DE MACHINES	DÉSIGNATION des ressorts.	NOMBRE de feuilles.	SECTION des feuilles.	CORDE de fabrication.	FLÈCHE de fabrication.	RAYON de fabrication.	CHARGE à l'épreuve.	FLEXION par 1000 kilogr.	POIDS du ressort.	FLEXION s/charge d'épreuve.	Longueur développée de la feuille non pointe de ressort
						Mètres.	Kilogr.	Mm.	Kg.	Millim.	
Machine 604.	Avant. . . .	12	90×12	860	59	1,596	11 880	6,67	62	79,32	872.7
	Milieu	12	90×12	860	56	1,678	11 880	6,67	62	79,32	872.7
	Arrière. . . .	14	90×15	1,095	90	1,710	16 950	6,11	103	103,59	1,115
801 à 812.	Milieu, AR . .	13	90×12	994	52	2,401	11 850	8,6	71	101,91	1.095.6
	Bogie AV. AR.	11	90×9	788	58	1,367	7 045	12,7	38	89,47	800
	Rappel-Bogie.	11	75×8	742	51	1,374	5 550	17,1	26	94,9	750
0.1 à 0.120; 0.189 à 0.200.	AV. M. et AR.	9	1 f. 90×13 / 8 f. 90×12	860	80	1,195	8 800	9,21	47	81,1	882.8
0.121 à 0.164; 0.212 à 0.241.	AV. M. et AR.	10	1 f. 90×15 / 9 f. 90×12	860	80	1,195	9 790	8,29	50	81,19	882.8
0.250 à 0.500; 0.701 à 0.766.	AV. M. et AR.	12	90×12	875	85	1,175	11 500	6,25	63	64	896
0.501 à 0.525; 0 526 à 0.541	AV. et AR . .	15	90×12	980	100	1,250,5	12 870	8,2	90	105,62	1.097
et 0.542 à 0.563 . . .	2e AV. Moteur.	17	90×15	1,280	140	1,532	17 350	8,39	154	145,71	1.322.5
0.564 à 0.691	AV 2e AV M et AR	12	90×12	893,3	50	2,020	11 500	6,9	62	80	900
0.538 foyer Belpaire. . .	AR roues porteuses	8	90×10	856	85	1,120	6 000	16,33	34	97,98	878.9
1000 et 1001.	AV. M. AR. .	13	90×12	875	60	1,625	12 675	6,44	63	81,75	886
L. S. 43 et 44; 48 à 52.	AV. M	17	1 f. 100×15 / 16 f. 100×10	875	75	1,313	11 330	5,16	80	58,57	900
	AR.	11	90×12	893,3	50	2,020	10 560	6,1	58	64,41	900
L. S. 53 et 54.	AV. Milieu . .	11	90×12	860	80	1,195	10 765	7,54	58	81,17	882.8
	AR. à pincettes.	10	90×9	550	36	1,068	8 700	10 mm. pour 2 ressorts.	24	43,5	557,91
0.171 à 0.182; 0.201 à 0.210	AV.	11	90×10	740	65	1,085	8 680	8,31	38	72,16	760
et 0.242 à 0.249. . . .	Milieu. AR. .	13	90×15	1,180	120	1,510	14 385	8,62	103	124,03	1.220
0.901 à 0.948	AV. M. AR. .	10	90×12	880	70	1,418	8 680	9,85	50	85,5	891.8
0.165 et 0.166.	AV. M. AR. .	11	90×12	875	84,3	1,177	10 620	7,85	58	83,39	891.8
0.183 et 0.184 et V_1 à	AV. M. . . .	10	90×12	860	90	1,072	9 750	8,37	50	81,61	885.5
V_7.	AR.	9	90×12	875	38	2,537,5	4 910	9,12	47	44,77	880
A_1 et A_2 (Argonne) . . .	AV. M. AR. .	10	90×12	835	65	1,373	10 160	7,4	48	75,22	850
Avricourt. Cirey 1 à 3. .	AV. M. AR. .	10	90×10	740	65	1,085	7 890	9,14	38	72,15	760
Ceinture 1 à 8; 9 à 13 . .	AV. 2e AV. M. AR	13	90×12	875	82	1,200	12 560	6,61	70	83,11	893.6

RESSORTS DE

261 à 285; 613 à 692; 0.169 et 0.170; 0.171 à 0.182; 0.201 à 0.210; 0.242 à 0.249; 0.901 à 0.948 .	AV. et AR . .	12	75×10	860	90	1,072	6 775	14,46	38,500	98,02	885.6
Ceinture 1 à 8.	AV. et AR . .	13	75×12	900	80	1,305	10 150	8,71	42	88,41	921.6
Ceinture 9 à 13.	AV. et AR . .	13	75×12	900	96	1,1025	10 150	8,71	42	88,41	921.6

Digitized by Google

LOCOMOTIVES DE LA COMPAGNIE DE L'EST

SUSPENSION (*Suite.*)

ÉTAGEMENT	LONGUEURS DÉVELOPPÉES DES FEUILLES																
	1re	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e	14e	15e	16e	17e
40,5	980	980	980	885	804	723	642	561	480	399	318	237	»	»	»	»	»
40,5	980	980	980	885	804	723	642	561	480	399	318	237	»	»	»	»	»
44	1,315	1,135	1,135	1,075	987	899	811	723	635	547	459	371	283	195	»	»	»
42	1,118	1,118	1,034	948	864	780	696	612	528	444	360	276	192	»	»	»	»
40,5	910	910	820	739	658	577	496	415	334	253	172	»	»	»	»	»	»
38	850	850	770	694	620	544	468	394	318	242	166	»	»	»	»	»	»
54	978	978	886	778	670	562	454	346	238	»	»	»	»	»	»	»	»
48,5	978	978	886	789	692	595	498	401	304	207	»	»	»	»	»	»	»
44,5	1,000	1,000	1,000	917	832	747	660	570	480	388	295	205	»	»	»	»	»
40	1,106	1,106	1,106	1,106	1,026	966	886	806	726	646	566	486	406	326	246	»	»
36	1,368	1,360	1,334	1,262	1,190	1,118	1,046	974	902	830	758	686	614	542	470	398	326
44,5	1,000	1,000	1,000	905	811	722	633	544	455	366	277	188	»	»	»	»	»
65	988	992	866	740	612	483	353	223	»	»	»	»	»	»	»	»	»
34	910	898	886	797	729	661	593	525	457	389	321	253	185	»	»	»	»
27,5	1,000	1,000	1,000	902	847	792	737	682	627	572	517	462	407	352	297	242	187
30,6	1,000	1,000	1,000	900	799	697	596	495	394	292	191	»	»	»	»	»	»
45,5	978	978	978	890	799	708	617	526	435	344	253	»	»	»	»	»	»
25	600	567	515	465	415	365	315	265	215	165	»	»	»	»	»	»	»
36,5	816	816	772	699	626	553	480	407	334	261	188	»	»	»	»	»	»
45	1,276	1,240	1,140	1,050	960	870	780	690	600	510	420	330	240	»	»	»	»
47,5	995	995	900	800	705	611	517	423	329	235	»	»	»	»	»	»	»
42,5	923	900	870	785	700	615	530	445	360	275	190	»	»	»	»	»	»
49	978	978	880	782	684	586	488	390	292	194	»	»	»	»	»	»	»
56,5	980	980	880	767	654	541	428	315	202	»	»	»	»	»	»	»	»
48	948	948	854	758	662	566	470	374	278	182	»	»	»	»	»	»	»
40	850	850	766	686	606	526	446	366	286	206	»	»	»	»	»	»	»
45	1,020	1,020	1,020	1,020	910	820	730	640	550	460	370	280	190	»	»	»	»
TRACTION																	
35 1/4	920	890	818,5	747	675,5	604	532,5	461	389,5	318	246,5	175	»	»	»	»	»
35	970	920	850	780	710	640	570	500	430	360	290	220	150	»	»	»	»
35	970	920	850	780	710	640	570	500	430	360	290	220	150	»	»	»	»

Digitized by Google

RESSORTS DE SUSPENSION ET DE TRACTION

RESSORTS DE

SÉRIES DE TENDERS	DÉSIGNATION des ressorts.	NOMBRE de feuilles.	SECTION des feuilles.	CORDE de fabrication.	FLÈCHE de fabrication.	RAYON de fabrication.	CHARGE à l'épreuve.	FLEXION par 1000 kilogr.	FLEXION s/charge d'épreuve.	LONGUEUR DÉVELOPPÉE de la 1re feuille aux points de contact.	POIDS du ressort.
							Kilogr.	Mm.	Millim.		kg.
1 à 120; 233 à 260. . .	AV et AR. . .	12	75×10	855	125	793,5	6 640	15,33	101,84	903	45
6 m³ (ancien type de ressort)	AV et AR. . .	14	75×12	976	86	1,440	10 100	10,27	103,74	998	62
7 m³ 1/2 (ancien type de ressort).	AV et AR. . .	15	75×12	977	85	1,450	10 820	9,58	103,73	998	67
6 m³, 8 m³, 7 m³ 1/2 et 10 m³ (dernier type de ressort).	AV et AR. . .	13	75×12	963	100	1,209	9 420	10,81	101,87	990,5	59
8 m³ 200; 0.501 à 0.525. .	AV et AR. . .	14	90×12	960	90	1,325	12 300	8,17	100,54	982,8	80
L. S. 20 à 22; 43, 44, 48 à 52	AV et AR. . .	15	85×10	800	63	1,300	10 460	9,28	97,09	812	52
L. S. 53 et 54	AV et AR. . .	12	90×12	888	85	1,200	11 403	7,47	85,2	907,5	67
13 m³. . . . . 20 m³.	AV. M. et AR.	13	90×12	963	100	1,209	11 340	9,01	102,18	990,5	70

RESSORTS DE

1 à 120; 233 à 260. . . .	AR (1 ressort).	16	75×10	1,620	290	1,276,2	4 560	84,36	384,69	1,754.4	101
6 m³, 7 m³ 1/2, 8 m³, 10 m³, 13 m³, 20 m³.	AR — .	12	75×15	1,670	212	1,750	7 760	32,57	252,76	1,741	102
L. S. 53 et 54.	AR — .	15	90×12	1,708	272	1,475	6 622	60,23	398,89	1,957	147.700

RESSORTS DE

1 à 120; 233 à 260; 6 m³ 133 à 232; 261 à 370; 432 à 530; 640 à 695; 696 à 760; 8 m³ 761 à 770; 8 m³ 200, 0.501 à 0.525; 7 m³ 1/2 0.526 à 0.556.	AV (1 ressort).	10	75×10	1,000	145	934,5	4 740	29,27	138,74	1,054	39
7 m³ 1/2, 0.557 à 0.699; 771 à 968, 10 m³, 13 m³ et 20 m³.	AV — .	12	90×12	956	115	1,050	10 430	9,86	102,91	994	59
L. S. 20 à 22, 43 a 44, 48 à 52.	AV — .	14	90×12	1,213	130	1,480	9 672	16,79	162,41	1,250	85
L. S. 53 et 54	AV — .	12	90×12	990	120	1,080	10 085	10,91	110,07	1,028	62

Digitized by Google

ES TENDERS DE LA COMPAGNIE DE L'EST

USPENSION

ÉTAGEMENT	LONGUEURS DÉVELOPPÉES DES FEUILLES															
	1re	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e	14e	15e	16e
39	932	904	886	856	778	700	622	544	466	388	310	232	»	»	»	»
39	1,020	1,010	990	951	873	795	717	639	561	483	405	327	249	171	»	»
36	1,020	1,010	990	954	882	810	738	666	594	522	450	378	306	234	162	»
42 moyenne	1,0145	1,0005	971	940	859	778	695	612	528	443	357	270	182	»	»	»
36	1,0145	988	972	930	858	786	714	642	570	498	426	354	282	210	»	»
30	900	900	900	823	760	700	640	580	520	460	400	340	280	220	160	»
45	1,008	1,008	1,008	907	817	727	637	547	457	367	277	187	»	»	»	»
42 moyenne	1,0145	1,0005	971	940	859	778	695	612	528	443	357	270	182	»	»	»
TRACTION																
56	1,782	1,742	1,706	1,594	1,482	1,370	1,258	1,146	1,034	922	810	698	586	474	362	250
72,5	1,775	1,675	1,530	1,385	1,240	1,095	950	804	660	515	370	225	»	»	»	»
65	1,995	1,955	1,825	1,695	1,565	1,435	1,305	1,175	1,045	915	785	655	525	395	265	»
TENDEURS																
45	1,076	1,034	940	850	760	670	580	490	400	310	»	»	»	»	»	»
40	1,015	986	906	826	746	666	586	506	426	346	266	186	»	»	»	»
45	1,280	1,250	1,180	1,090	1,000	910	820	730	640	550	460	370	280	190	»	»
41,5	1,068	1,046	956	873	790	707	624	541	458	375	292	209	»	»	»	»

Digitized by Google

Les intervalles mesurés au milieu du ressort, lorsque les feuilles sont en contact par leurs extrémités, sans être rivées, doivent être environ de 4 mm. par mètre de longueur de la plus petite des deux feuilles considérées.

Avant leur assemblage définitif, les feuilles doivent être enduites, sur leurs faces frottantes, de suif et de plombagine mélangés à chaud avec un peu d'huile.

Les ressorts montés doivent être parfaitement droits dans le sens transversal, sans aucun gauche. Les feuilles doivent porter l'une sur l'autre dans toute leur étendue.

Tous les ressorts, neufs ou réparés, de locomotives ou de tenders, doivent être essayés individuellement à la flexion, avant le montage du collier.

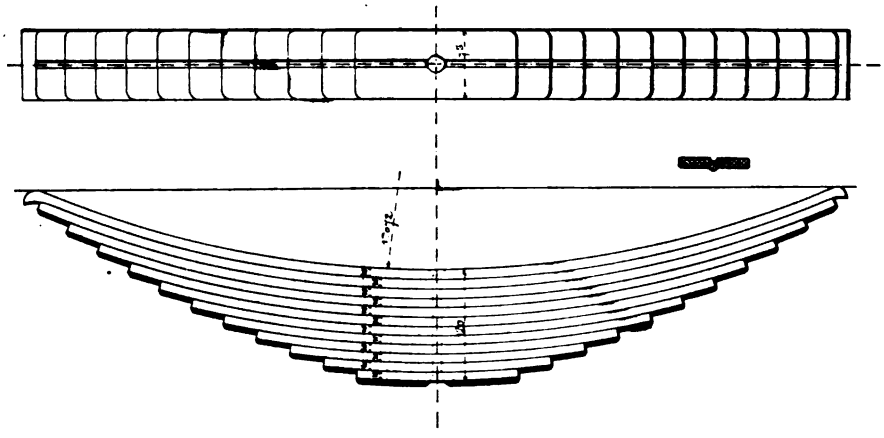


Fig. 666. — Ressort de traction (*Est* ; Mach. 729-742).

Cet essai consiste à faire subir au ressort au moins 5 flexions successives, correspondant à la charge d'essai indiquée par les dessins.

Après cette épreuve, le ressort ne doit pas présenter de perte de flèche supérieure à 3 0/0 de la flèche de fabrication relevée sur le ressort libre, avant l'essai.

La flèche des ressorts de locomotives et de tenders, après l'essai, doit se rapprocher autant que possible de la cote normale. Il est admis une tolérance de 3 mm. en plus ou en moins:

Les colliers des ressorts doivent être posés à chaud, avec un serrage de 1 à 2 mm.

Il importe que les colliers soient montés rigoureusement au milieu des ressorts et que leurs faces soient appliquées à chaud sur les feuilles, pour empêcher le glissement en service.

Après leur achèvement, les ressorts reçoivent une couche de peinture au minium.

On trouvera également ci-après un extrait du cahier des charges de la

Digitized by Google

même Compagnie et des Chemins de fer de *l'État*, donnant les conditions imposées pour la réception des ressorts montés.

CHEMINS DE FER DE L'EST. — Les barres destinées à la fabrication des ressorts devront répondre, en tous points, aux conditions du Cahier des charges des aciers en barres pour ressorts, en vertu duquel la réception provisoire des barres d'acier pourra être effectuée en premier lieu.

La Compagnie aura le droit, si elle le juge convenable, d'imposer que le découpage des lames soit effectué en présence d'un des agents qui les poinçonnera à l'une des extrémités.

Les ressorts du même type devront être composés de lames de même qualité de métal, ayant exactement les mêmes formes et les mêmes dimensions respectives.

Ces lames ne présenteront aucune crique, strie, ligne ou autre défaut quelconque.

Avant assemblage, la face concave de chaque lame sera graissée avec du suif fondu mélangé à chaud d'un peu d'huile et d'une petite quantité de mine de plomb.

Les ressorts sont construits avec une flèche de fabrication supérieure à la flèche indiquée sur les dessins de la quantité suffisante pour compenser la perte initiale de flèche indispensable à la bonne jonction des lames.

Le constructeur soumet les ressorts au travail de flexion nécessaire pour épuiser la perte de la flèche due au rapprochement des lames et pour que ces ressorts ne présentent plus, dans les épreuves indiquées à l'article ci-après, aucune autre perte permanente de flèche supérieure à la limite fixée.

La flèche de fabrication des ressorts *présentés à la réception* doit donc être à la cote portée au dessin.

Il est admis une tolérance en plus ou en moins de :

3 mm.	pour les ressorts dont la flèche de fabrication est inférieure à			150	mm.					
4	—	—	—	est de	150	mm.	inclus à	200	mm.	exclus
5	—	—	—	—	200	—	—	250	—	—
6	—	—	—	—	250	—	—	300	—	—
7	—	—	—	—	300	—	—	350	—	—

et ainsi de suite.

Tous les ressorts devront être parfaitement droits dans le sens transversal, sans aucun gauche, et les lames porteront l'une sur l'autre dans toute leur étendue.

Les rouleaux, si le type en comporte, seront rigoureusement conformes aux indications des plans remis. Les bavures seront soigneusement enlevées; les axes des trous seront perpendiculaires en tous sens au plan vertical passant par l'axe longitudinal du ressort.

Immédiatement après poinçonnage, les ressorts seront débarrassés de la couche d'oxyde qui pourrait s'être formée et recouverts, sur toutes les parties de leur surface extérieure, d'une couche de peinture au minium de fer.

Avant le poinçonnage de l'agent réceptionnaire, chaque ressort devra porter extérieurement aux deux extrémités de la maîtresse lame et à chaque bout de la plus petite des feuilles : 1° la marque de l'usine ; 2° le mois et l'année de fabrication ; la marque distinctive du métal : *A* pour l'acier fondu, *S* supérieur, *O* courant.

Les essais ont lieu dans les proportions suivantes :

Ressorts montés .	Essai de flexion à charge totale	1 sur 10
	— à charges partielles . .	1 — 20
	Essai d'oscillations	1 — 50
Boulons ou rivets.	— Essai par traction	—

Les flexions que doivent subir les ressorts montés sous l'action des charges sont celles

Digitized by Google

indiquées sur les dessins remis aux constructeurs ; ces flexions d'essai partent de la flèche réelle de fabrication du ressort libre et non de la flèche prévue sur les dessins.

La flexibilité des ressorts qui ont plusieurs maîtresses feuilles ou qui sont irrégulièrement étagés est moindre que celle des ressorts régulièrement étagés ; les conditions d'essais fixées aux dessins en tiennent compte.

Dans les épreuves de flexion, le ressort restera pendant 5 minutes au moins sous la charge d'essai prescrite.

La première épreuve a lieu à la charge totale fixée au dessin, la flèche prise sera relevée.

Cette charge étant enlevée, la perte de flèche doit être nulle pour les ressorts en acier de qualité extra-supérieure et ne doit pas excéder 2 0/0 de la flèche de fabrication relevée sur le ressort libre avant l'épreuve pour les aciers de qualité courante.

Replacé sous l'appareil d'essai, le ressort sera ensuite soumis à l'action de charges partielles successives jusqu'à charge totale d'essai imposée.

Les flexions partielles doivent être sensiblement proportionnelles.

Après cette seconde épreuve, la perte de flèche doit être nulle pour les ressorts en acier de qualité extra-supérieure et ne pas dépasser 1 0/0 de la flèche de fabrication initiale pour les ressorts en acier de qualité courante.

Rechargé enfin d'un poids égal au 2 5es de la charge totale, on imprimera au ressort au moins 25 oscillations dont l'amplitude sera égale au 1/5^{e} de la flexion d'essai obtenue sous la charge totale. Cette amplitude pourra être limitée par une cale, si la disposition de l'appareil le permet.

Après cette épreuve, quel que soit l'acier employé, les ressorts déchargés ne doivent plus présenter de perte de flèche quelconque.

Lorsque la fabrication sera courante, régulière, en bonne marche et que les épreuves donneront des résultats satisfaisants et uniformes, le nombre des essais pourra être réduit.

Le fournisseur reste responsable de tous les ressorts qui casseraient, subiraient une perte de flèche atteignant 1/10^{e} de la flèche de fabrication ou se détérioreraient d'une façon quelconque dans le courant des trois années qui suivront la date de fabrication indiquée sur les ressorts, sauf dans le cas où la rupture, la déflexion ou la détérioration auraient eu lieu par suite d'un choc violent ou d'un accident analogue, à moins que le choc ou l'accident n'aient été occasionnés par quelque imperfection de ces ressorts, résultant de la mauvaise qualité de la matière ou de la malfaçon dans la fabrication.

CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT FRANÇAIS. — Tous les ressorts sans exception seront soumis au travail de flexion nécessaire pour épuiser la perte de flèche due au rapprochement des lames, et pour que ces ressorts ne présentent plus, dans les épreuves ci-après, aucune perte permanente de flèche supérieure à la limite fixée.

Première épreuve. — Le ressort, posé par ses extrémités sur des supports à chariot permettant son redressement pendant la flexion, est soumis à un poids $P = \frac{4n\,Ma}{eL}$ calculé de manière à produire par le redressement un allongement de fibres de 6 mm. et demi par mètre à la surface des lames.

Chaque ressort devra rester sous l'action de ce poids pendant cinq minutes au moins.

Première perte de flèche. — Cette charge enlevée, la perte de flèche ne devra pas excéder 2 0/0 de la flèche correspondant à l'application de la charge d'essai.

Deuxième épreuve. — Replacé sous l'appareil, ce ressort est soumis aux charges partielles correspondant successivement à 1/5, 2/5, 4/5 et à la totalité de la flexion d'essai de la première épreuve.

Les pertes de flèche dues à ces charges devront être sensiblement proportionnelles.

Digitized by Google

Deuxième perte de flèche. — Après cette seconde épreuve, la perte de flèche ne devra pas excéder 1 0/0 de la flèche correspondant à la charge d'essai.

Troisième épreuve. — Rechargé d'un poids égal aux 4/5 de celui qui aura produit la flexion d'essai, on imprimera au ressort au moins cinquante oscillations dont les amplitudes seront réglées par une cale, aux limites de la flexion d'essai.

Troisième perte de flèche. — Si le ressort déchargé a subi une troisième perte de flèche, quelle qu'elle soit, il sera refusé.

Les flexions d'épreuve seront calculées, pour les ressorts montés par la formule suivante :

$$f = \frac{2n\alpha L^2}{3e}\left(\frac{2L^3 + (L - L_1)^3}{2nL^3 + n'(L - L_1)^3}\right)$$

En outre, sur chaque lot de 50 ou fraction de 50, un ressort sera soumis à une nouvelle charge d'essai P' égale à la charge P augmentée de moitié (P' = 1,5 P). Sous cette charge, le ressort devra seulement se déformer sans qu'il se produise de rupture.

Les ressorts en hélice devront être en tous points conformes aux dessins. Ils seront établis avec le plus grand soin, l'enroulement devra être très régulier.

Toutefois il sera accordé une tolérance de 3 millimètres en plus ou en moins sur la hauteur des ressorts, et 1 millimètre en plus ou en moins sur les diamètres intérieur et extérieur.

Chaque ressort en hélice sera soumis à deux épreuves de résistance, l'une par un poids statique, l'autre par des oscillations.

Dans ces épreuves, le ressort sera placé sur un support métallique résistant et non élastique.

Première épreuve. — Le ressort en hélice sera soumis à des charges successives allant en augmentant depuis la charge initiale juqu'à celles d'essai, les flèches obtenues devront être proportionnelles aux charges appliquées et correspondre à celles prévues aux dessins.

Sous la charge d'essai aucun point de contact ne devra exister entre les spires.

La charge d'essai sera maintenue pendant cinq minutes. Après cette épreuve, le ressort devra reprendre exactement sa hauteur primitive.

Deuxième épreuve. — Le ressort sera ensuite soumis à une charge égale aux trois quarts de la charge précédente et on imprimera à cette charge un mouvement de va-et-vient vertical dont l'amplitude sera telle que le ressort devra chaque fois arriver au même degré d'aplatissement que sous la charge d'essai.

Après cette épreuve, qui se composera d'au moins cinquante oscillations, le ressort ne devra accuser aucune diminution de hauteur.

305. Dispositions générales des ressorts et des tiges de pression. — Les ressorts de suspension sont placés dans le sens de la longueur, au-dessus ou au-dessous des boîtes, parfois sur le côté, à l'avant ou à l'arrière de celles-ci, avec certaines dispositions de balanciers. Ils sont chargés au moyen de tiges de pression qui se fixent d'une part au longeron, d'autre part à la maîtresse lame (voir fig. 629 à 638 et 667).

Le choix de la position des ressorts n'est pas laissé au hasard. En règle générale, chaque fois qu'on le peut, on cherche à placer les ressorts au-dessus des boîtes (fig. 634, 635); l'arrangement général de la suspension est ainsi plus simple; il est toujours préférable de charger directement l'essieu

Digitized by Google

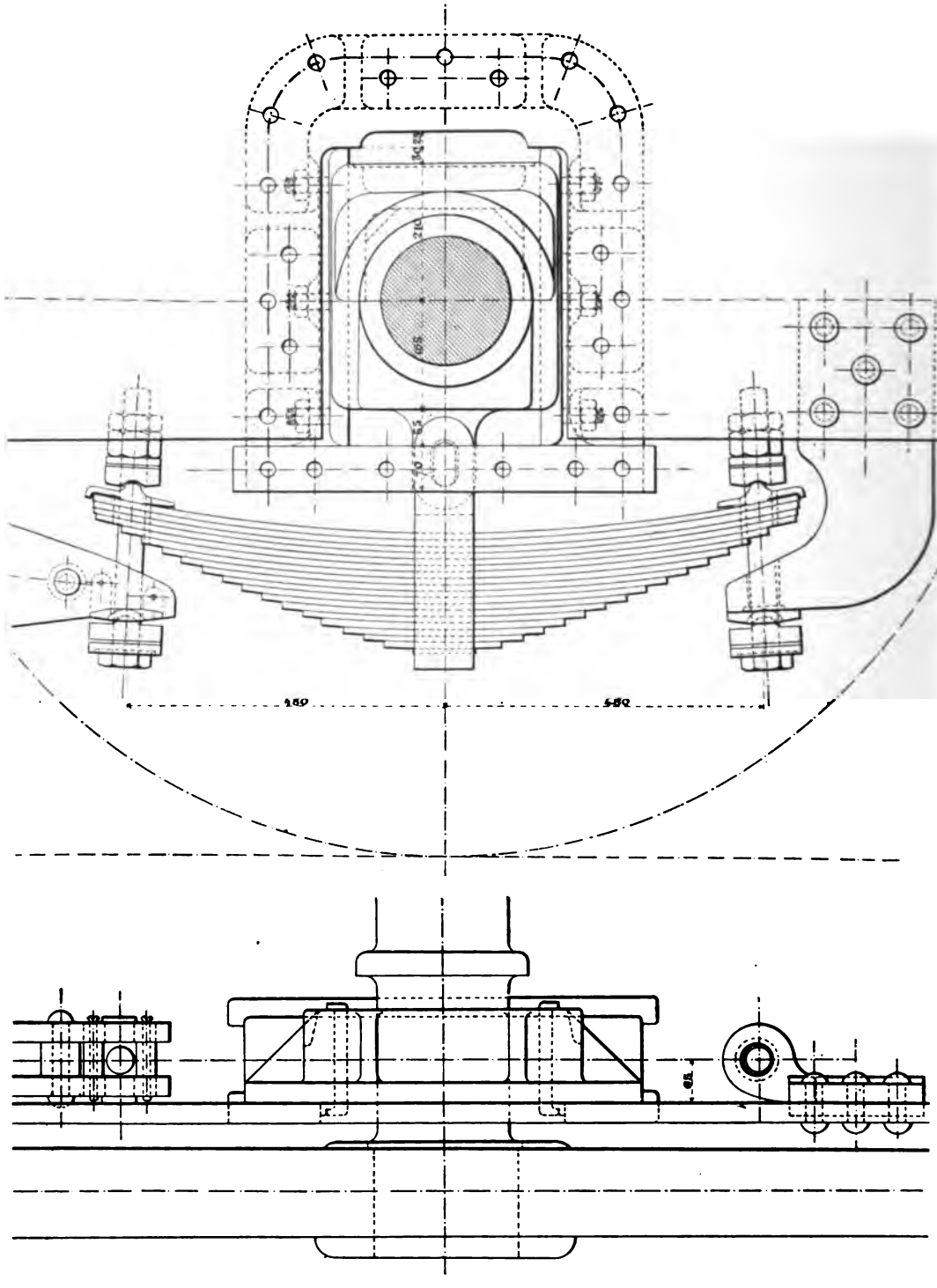


Fig. 667. — Suspension (essieu accouplé avant) des locomotives à marchandises et à bogie (série 2301-2304) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

Digitized by Google

par la boîte elle-même que par l'intermédiaire du dessous de boîte. Malheureusement cette disposition est loin d'être toujours possible, surtout pour les roues arrière, placées dans le voisinage du foyer et pour les roues avant, situées près de la boîte à fumée, dont la saillie peut parfois gêner pour leur installation, et devant des cylindres intérieurs. Dans ce cas, on place les ressorts sous les boîtes (fig. 667) ; quelquefois, pour ne pas changer les modèles de tiges de pression et de dessous de boîte, on place aussi sous les boîtes les ressorts des autres essieux. C'est fréquemment par exemple le cas des ressorts de l'essieu moteur dans les machines à quatre roues accouplées sur l'arrière, surtout s'il y a des balanciers de répartition.

Quand les roues sont de petit diamètre, il peut arriver que l'on ne puisse placer les ressorts sous les boîtes sans qu'ils sortent du gabarit. On doit alors employer certains artifices dont quelques-uns nous occuperont plus tard.

Quand les ressorts sont placés au-dessus des boîtes, disposition classique et la plus répandue, ils reposent sur le dessus de boîte par l'intermédiaire d'une tige de pression venue de forge avec leur bride. Quand ils sont placés sous les boîtes, les ressorts peuvent être chargés par des tiges de pression qui travaillent à la compression (fig. 633, 672) ou à la traction (fig. 629, 634 à 638). Autant que possible, on doit éviter la première disposition qui a une tendance connue à causer des ruptures des maîtresses-lames. C'est pour éviter qu'il en soit ainsi que l'on a recours à des dispositions en apparence moins simples telles que celles représentées par les figures 629 et 667 et qui ont pour but de reporter au-dessous des ressorts les points du châssis où viennent s'articuler les tiges de traction. On doit aussi recommander, autant que possible, de disposer ces tiges un peu obliquement, dans le sens de la longueur, chacune en sens opposé, de manière que leur direction se rapproche de celle de la normale au ressort, on diminue ainsi la fatigue de la maîtresse-lame qui n'est plus soumise, dans le sens de sa longueur, à un effort de compression d'autant plus grand que le rayon de courbure du ressort est plus petit et que la tige de pression fait avec la lame supérieure un angle plus obtus.

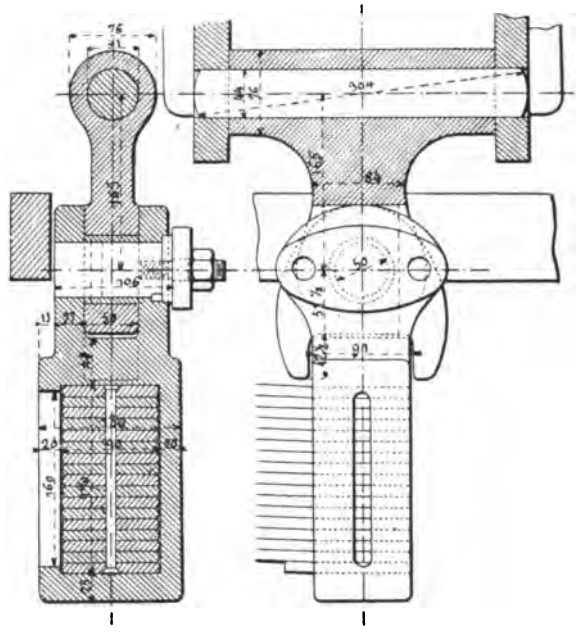


Fig. 668. — Attache de la bride du ressort au-dessous de boîte (*État autrichien*).

Digitized by Google

Les ressorts placés sous les boîtes chargent l'essieu par l'intermédiaire du dessous de boîte auquel ils sont rattachés par une articulation. Quand la charge est considérable, l'axe de cette articulation est de section ovale, comme

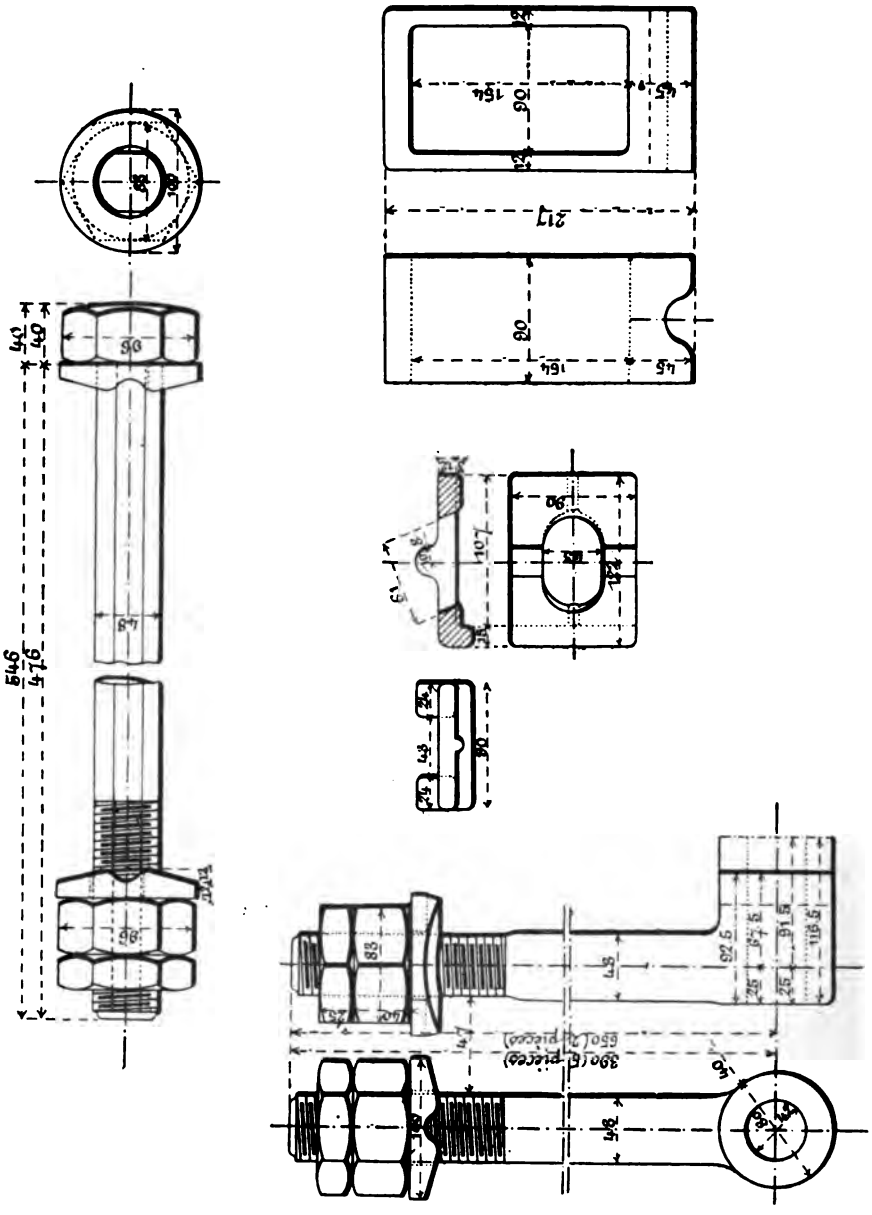


Fig. 669. — Tiges de suspension et brides de ressorts (*Est* ; mach. 729-742).

on le voit figures 652, 667, le grand diamètre étant placé verticalement dans le sens de la charge. Sur quelques locomotives américaines, particulièrement sur celles du *Canadian Pacific*, pour éviter de soumettre le dessous de boîte à des efforts importants, les ressorts, placés sous l'essieu, chargent la boîte à

Digitized by Google

sa partie supérieure, par l'intermédiaire de pièces en fer plat, disposées symétriquement de part et d'autre de l'essieu et recourbées vers le haut (fig. 207 et 674).

Les tiges de pression doivent être réglables pour permettre d'assurer la répartition dans les conditions convenables et de placer le tamponnement à la hauteur normale. Ce réglage se fait au moyen d'une partie filetée qui termine chacune de ces tiges à une extrémité, parfois aux deux, et sur laquelle sont montés des écrous et contre-écrous (fig. 669).

L'articulation de ces tiges se fait par différents procédés, suivant que le réglage se trouve sur la partie qui confine au ressort ou sur celle qui est fixée au longeron, ou selon qu'il s'opère par les deux extrémités.

Dans le système qui est le plus usité en France, les feuilles principales du ressort sont percées, à peu de distance de l'extrémité, d'un trou ovalisé, un peu plus grand que le diamètre de la tige qui le traverse (fig. 663). La charge est supportée au-dessus, par une platine rapportée en acier dur ordinairement épaulée sur le bout du ressort et qui porte à sa partie supérieure une arête transversale arrondie formant une sorte de couteau sur lequel vient porter la rondelle placée sous les écrous avec interposition, dans certains cas, d'une seconde articulation sur couteaux, à 90° de la première. L'attache sur le châssis ou le balancier de répartition peut s'opérer de la même manière (fig. 667) ou par une simple articulation (fig. 669, 675).

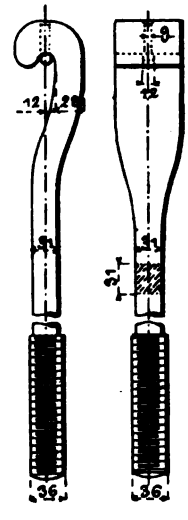


Fig. 670. — Chandelle de suspension à crochet.

Dans beaucoup de machines, le réglage ne se fait qu'au point d'attache sur le longeron qui est disposé comme plus haut avec écrous et rondelles à couteau. L'articulation sur la maîtresse-lame est faite à l'aide d'un axe traversant d'une part un œil à fourche pratiqué à l'extrémité de la tige de pression et un autre œil de même diamètre produit soit par l'enroulement de la maîtresse lame, soit venu de forge avec cette dernière (662, (10)).

On fait quelquefois venir un des couteaux de forge avec la maîtresse-lame (fig. 666).

En Angleterre, en Allemagne et aux États-Unis surtout on emploie beaucoup les tiges de pression se terminant par un crochet qui vient saisir le bout de la maîtresse-lame (fig. 670). Cet assemblage n'est pas irréprochable et, sur les voies médiocres, expose à perdre les ressorts en cours de route. On l'a employé en France, mais en lui faisant subir la modification suivante : le crochet porte deux joues latérales qui le guident transversalement et l'emboîtent sur le ressort empêchant tout déplacement relatif dans le sens transversal.

Digitized by Google

Parmi les dispositions originales de suspension ne comportant l'emploi d'aucun balancier, nous devrons citer celle qui est appliquée par M. Aspinall, aux locomotives à voyageurs du *Lancashire and Yorkshire* (fig. 671). Le ressort est à pincettes et formé de deux parties réunies à chaque extrémité

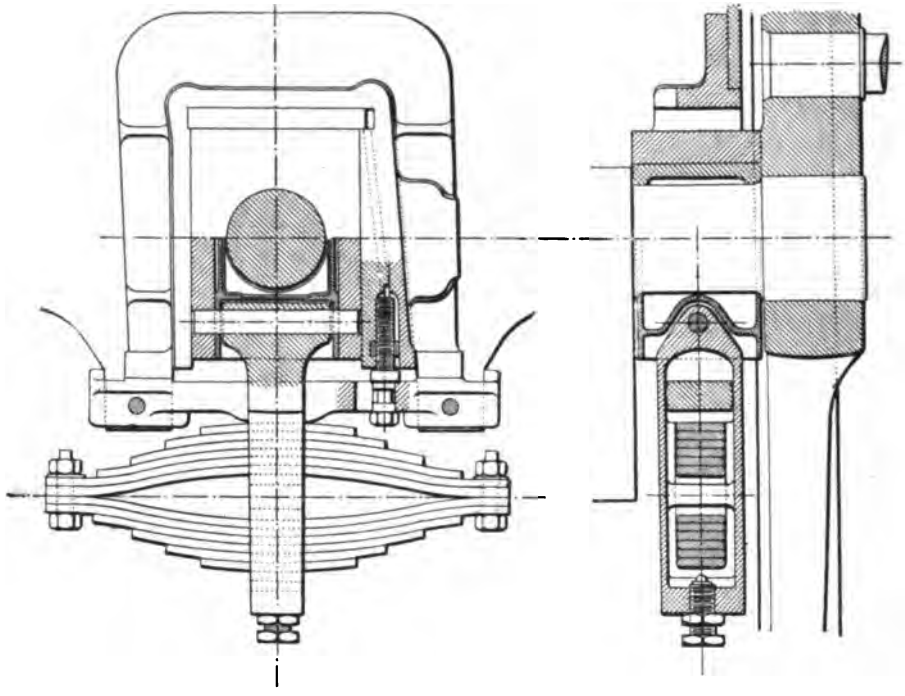


Fig. 671. — Suspension, système Aspinall, du *Lancashire and Yorkshire Railway.*

par un boulon. La portion inférieure du ressort repose, par l'intermédiaire d'une vis, sur un étrier suspendu au-dessous de la boîte; la partie supérieure reçoit en son centre le poids de la machine qui lui est transmis par l'entretoise des plaques de garde, laquelle repose en son milieu sur le ressort. Le système se règle au moyen de la vis précédemment citée, munie d'un contre-écrou; en la desserrant de quelques tours on peut rapidement démonter le ressort.

306. Balanciers de répartition. — La répartition du poids sur les essieux, opérée à l'*état statique*, se modifie pendant la marche, suivant que les inégalités de la voie amènent le soulèvement de tel ou tel essieu et la compression de son ressort. Il en résulte une surcharge de cet essieu, qui peut dépasser 5 tonnes, accompagnée d'un déchargement équivalent des autres essieux. Le phénomène se renouvelle constamment en cours de route. D'autre part, un réglage mal fait peut entraîner avec le système tel que nous venons de le décrire une surcharge permanente de l'un des essieux

Digitized by Google

Pour obvier à ces inconvénients, on emploie fréquemment des balanciers

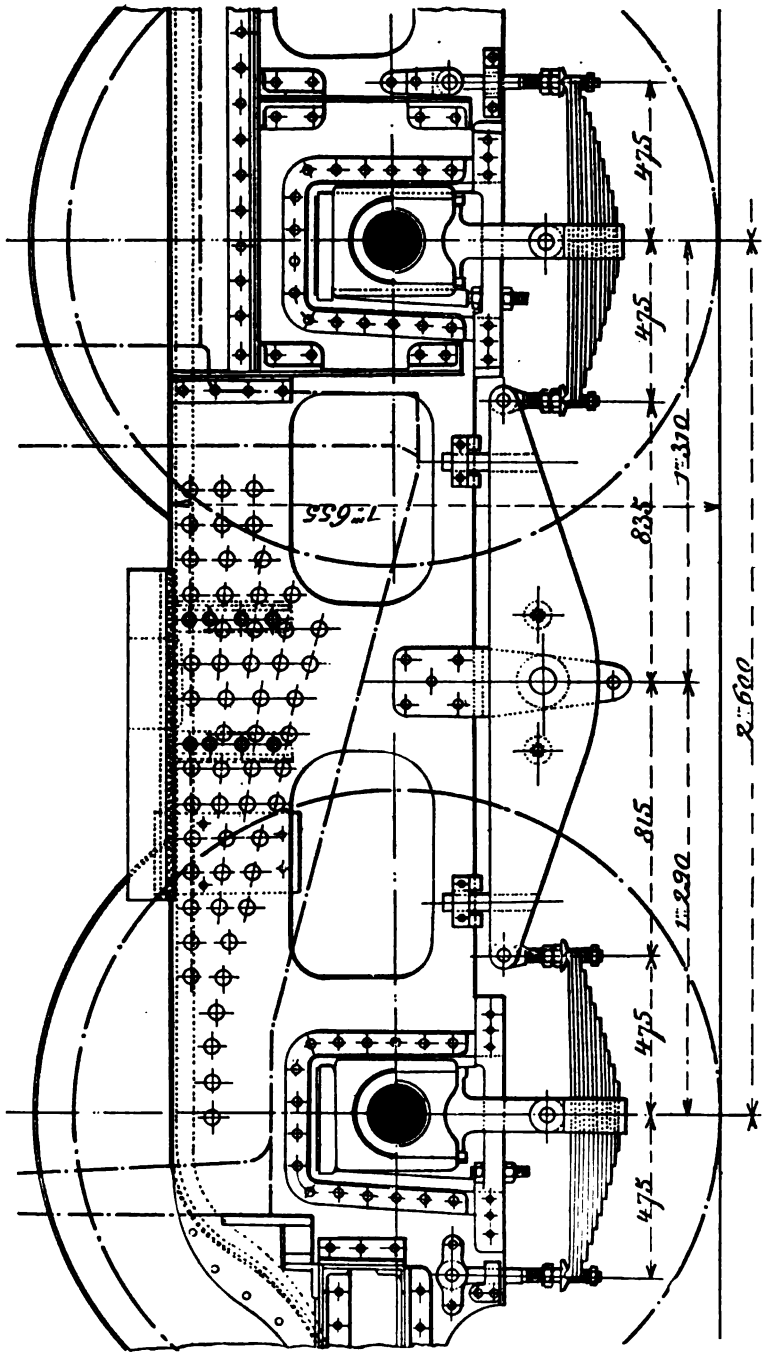


Fig. 672. — Suspension avec balancier conjuguant les ressorts des deux essieux accouplés d'une locomotive à grande vitesse.

de répartition longitudinaux (fig. 629, 631, 634, 635, etc. et parfois aussi transversaux (fig. 676), qui sont d'un usage général en Belgique et aux États-

Digitized by Google

Unis, et dont l'application, moins absolue en France, y est néanmoins très fréquente. Ces balanciers peuvent affecter des dispositions très variées. Ils

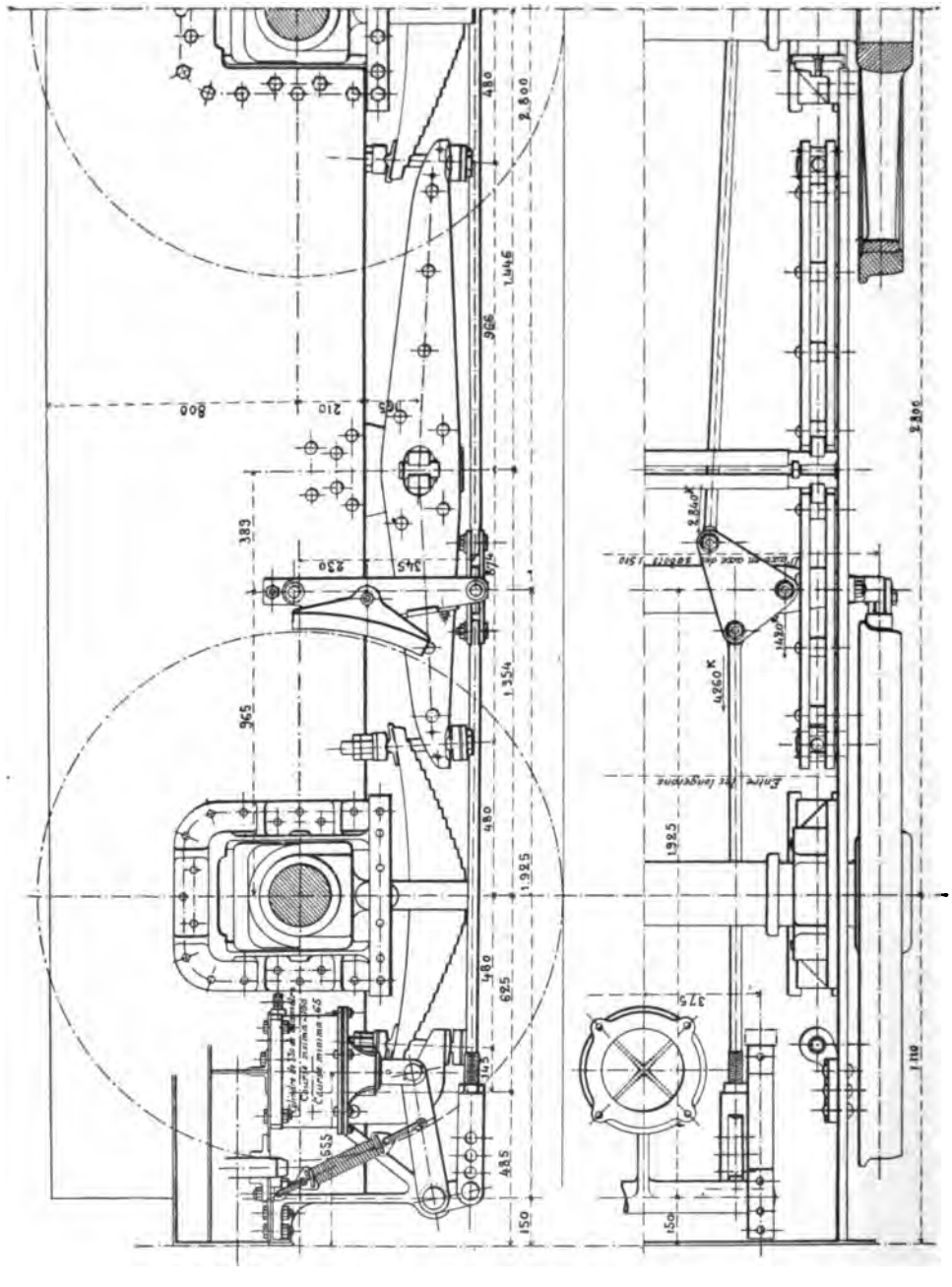


Fig. 673. — Suspension des locomotives à six roues accouplées et à bogie (série 2301-2304) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

sont constitués par un levier articulé au châssis en un point intermédiaire, et chargeant les extrémités voisines des ressorts. Chacun d'eux constitue en réalité un fléau de balance, mobile autour d'un axe situé près de son

Digitized by Google

milieu ; toutes les fois que la charge de l'une des extrémités varie d'une certaine quantité, celle de l'autre varie d'une quantité proportionnelle. Le rapport des charges sur les deux essieux conjugués est alors invariable, et l'on peut considérer le poids de la machine qui charge des essieux comme reposant sur les axes des balanciers qui les réunissent. Si on veut que la charge suspendue soit la même sur les deux essieux, on place l'articulation au centre ; si on désire que l'un des essieux soit au contraire plus chargé, on rapproche davantage l'articulation de cet essieu et inversement .

Deux essieux voisins, accouplés ou non, peuvent être facilement conjugués, de chaque côté, par un balancier longitudinal articulé au châssis en un

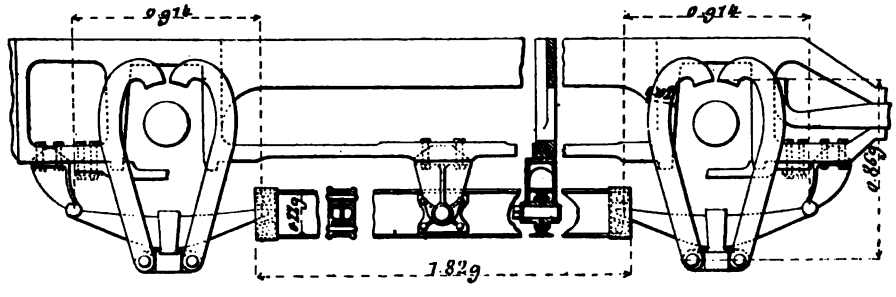


Fig. 674. — Balancier de suspension formé par un fer à I. *Illinois Central Railroad.*

point situé vers son milieu et, par ses extrémités, aux tiges voisines de pression des ressorts placés au-dessus ou au-dessous des boîtes. Quand les longerons sont extérieurs on peut placer, dans bien des cas, les balanciers à la hauteur de l'axe des essieux, mais avec les longerons intérieurs, pour les roues arrière, à cause du voisinage du foyer qui ne permettrait pas l'installation de ce balancier, on est obligé de reporter celui-ci sous le longeron. On trouvera figures 629 à 635, 667 à 680 plusieurs exemples de cette disposition. Dans les locomotives américaines, pour les essieux placés à l'avant de la boîte à feu les balanciers s'installent parfois d'une manière très simple au-dessus du longeron (fig. 677).

On peut aussi disposer, entre les boîtes, un ressort unique renversé et renforcé, articulé par sa bride au châssis et rattaché, par les extrémités de sa maîtresse-lame, à des tiges de pression articulées, à leur partie supérieure, à de petits balanciers solidaires, par l'extrémité opposée du longeron et chargeant chacun une des boîtes par l'intermédiaire d'une tige verticale elle-même articulée en un point voisin de leur milieu. Dans une autre disposition fréquemment usitée, les tiges de pression du ressort viennent se fixer sur un balancier longitudinal placé au-dessus des boîtes et chargeant chacune d'elles par une de ses extrémités (fig. 680).

L'emploi des balanciers permet de diminuer le nombre des points d'appui

Digitized by Google

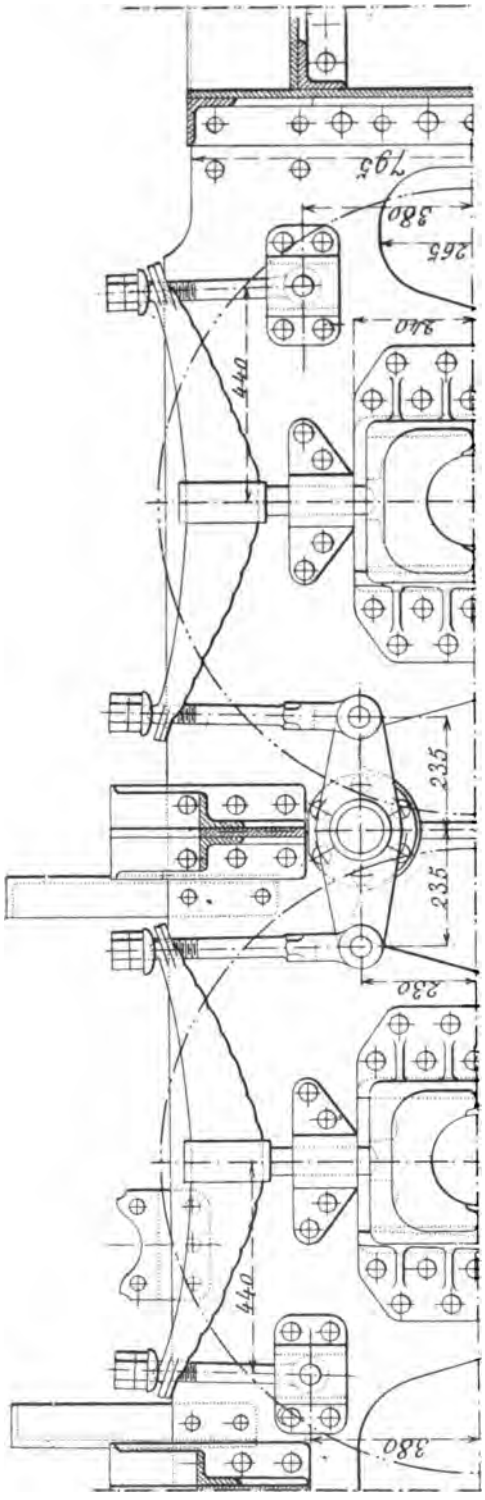


Fig. 675. — Ressorts conjugués par un balancier longitudinal (Locomotives à huit roues accouplées des Chemins de fer de l'*État français*).

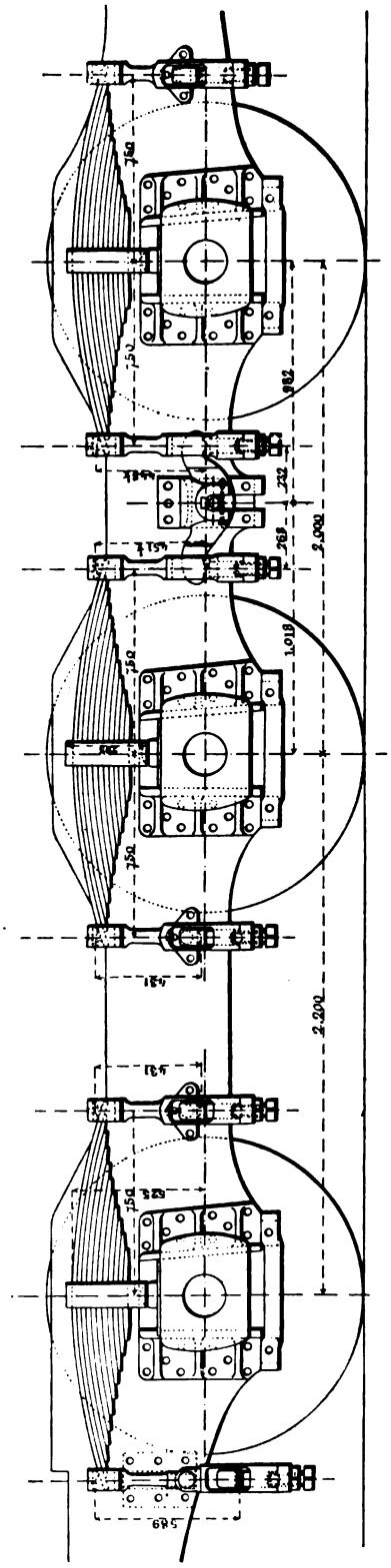


Fig. 676. — Ensemble de la suspension des locomotives à marchandises de l'*État belge* (type 25).

Digitized by Google

de la machine et de réaliser la suspension idéale sur trois points. Dans les machines à quatre essieux, en accouplant deux à deux les ressorts des paires d'essieux extrêmes (fig. 634, 635), on arrive à n'avoir plus que quatre points d'appui au lieu de huit et, pour réduire à trois le nombre de ces appuis, il suffit d'avoir recours à un balancier transversal, articulé en son milieu au châssis, et par ses deux bouts, aux extrémités avant ou arrière des premiers ou des derniers ressorts. Les trucks articulés à deux essieux et les bissels, chargés au centre par leur pivot, ont l'avantage de réaliser la suspension sur trois points pour les machines express dont les ressorts des deux essieux accouplés sont conjugués par des balanciers longitudinaux.

C'est le cas de toutes les locomotives américaines et des machines express

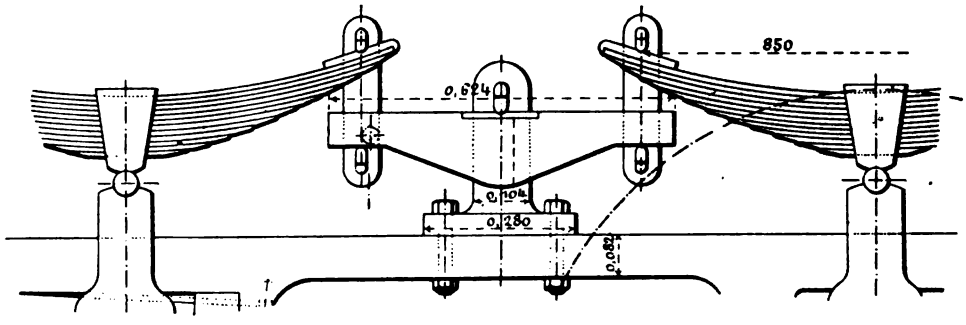


Fig. 677. — Accouplement des ressorts par un balancier placés au-dessus du longeron. Disposition américaine.

construites récemment pour nos grandes Compagnies, citons par exemple celles des chemins de fer de l'*Ouest*, de l'*Est*, de *P.-L.-M.*, etc., dont les châssis sont représentés figures 629 à 635. Les balanciers, sous une forme différente, sont depuis longtemps usités par la Compagnie d'*Orléans* pour ses locomotives express. L'emploi des balanciers se répand aussi beaucoup en Allemagne. Il est général, nous l'avons dit, en Belgique; le bogie n'étant pas usité dans ce pays, on fait usage de balanciers transversaux à l'avant pour réaliser la suspension sur trois points. En France, les balanciers transversaux, usités pour quelques-unes des machines express de la Compagnie de l'*Ouest*, antérieurement à l'application du bogie, ont été appliqués aux locomotives-tenders de banlieue de la Compagnie d'*Orléans*.

Sur le continent européen, on fait souvent usage, au lieu de balanciers, d'équerres (fig. 679) reliées par des bielles qui s'installent parfois plus facilement et sont plus légères, mais offrent une plus grande complication ; leur emploi semble se perdre peu à peu.

En résumé, les balanciers de répartition présentent les avantages suivants :

1° Ils permettent de régler à l'atelier la répartition d'une manière plus

Digitized by Google

complète et plus rapide qu'avec des ressorts indépendants, et, dans les locomotives à quatre roues accouplées, d'obtenir une charge égale des deux essieux conjugués, ce qui constitue le procédé permettant d'obtenir le poids adhérent maximum;

2° Cette répartition rationnelle étant obtenue, ils en empêchent le déréglage en service;

3° En répartissant sur plusieurs essieux les surcharges dues aux dénivellations de la voie ou même à l'action de l'inertie des organes alternatifs et des crosses de piston sur les glissières, ils réduisent ces surcharges sur chaque essieu ainsi que les mouvements de galop ou de tangage.

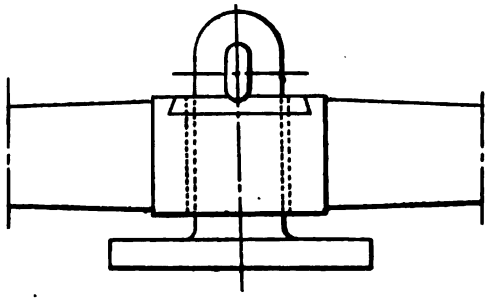


Fig. 678. — Articulation du balancier sur clavettes. Disposition américaine.

Sur les voies dures et médiocres des Etats de l'Ouest aux Etats-Unis et au Canada, gelées une grande partie de l'année et fort dures, dans les pays du nord de l'Europe, ils paraissent d'un emploi indispensable; en règle générale, on doit en recommander l'application pour les locomotives destinées aux pays neufs et aux colonies.

Les avantages des balanciers diminuent à mesure que les voies se perfectionnent, mais sans jamais disparaître entièrement. En Angleterre, où les voies sont robustes et surtout très bien ballastées et élastiques, on s'en est toujours passé (à l'exception de quelques locomotives à grande vitesse du *London and South Western*), mais leur addition y serait quand même avantageuse.

L'introduction de balanciers dans la suspension, pour les machines à quatre et cinq essieux surtout, peut permettre la réalisation d'un grand nombre de combinaisons dont les locomotives américaines offrent de multiples exemples. Les ressorts peuvent être placés au-dessus ou au-dessous des boîtes, les balanciers étant situés de chaque côté entre les essieux, ou bien ce sont les balanciers qui peuvent être placés au-dessus ou au-dessous des boîtes et les ressorts qui sont situés entre les essieux. Les ressorts peuvent être à feuilles étagées ou hélicoïdaux; les deux systèmes peuvent être employés concurremment. La plupart des combinaisons un peu complexes sont réalisées dans le but de loger les ressorts des essieux arrière dans les locomotives possédant des roues de faible diamètre. Le problème se présente d'une manière particulièrement difficile sur certaines locomotives américaines ayant des roues trop petites pour que l'on puisse loger les ressorts sous les boîtes et que la présence du foyer, passant au-dessus

Digitized by Google

des longerons, ne permet pas d'installer au-dessus des boîtes. On a recours à des combinaisons diverses et parfois à l'emploi de ressorts hélicoïdaux disposés dans le sens horizontal et sur lesquels la machine repose par le moyen d'équerres.

Les balanciers se font en tôle (ils sont alors composés de deux flasques réunies par des entretoises) (fig. 673), plus souvent en fer ou en acier forgés (fig. 675), de section rectangulaire, parfois en acier moulé avec section à I, parfois par un simple fer en I (fig. 674). Ils ne doivent pas, autant que

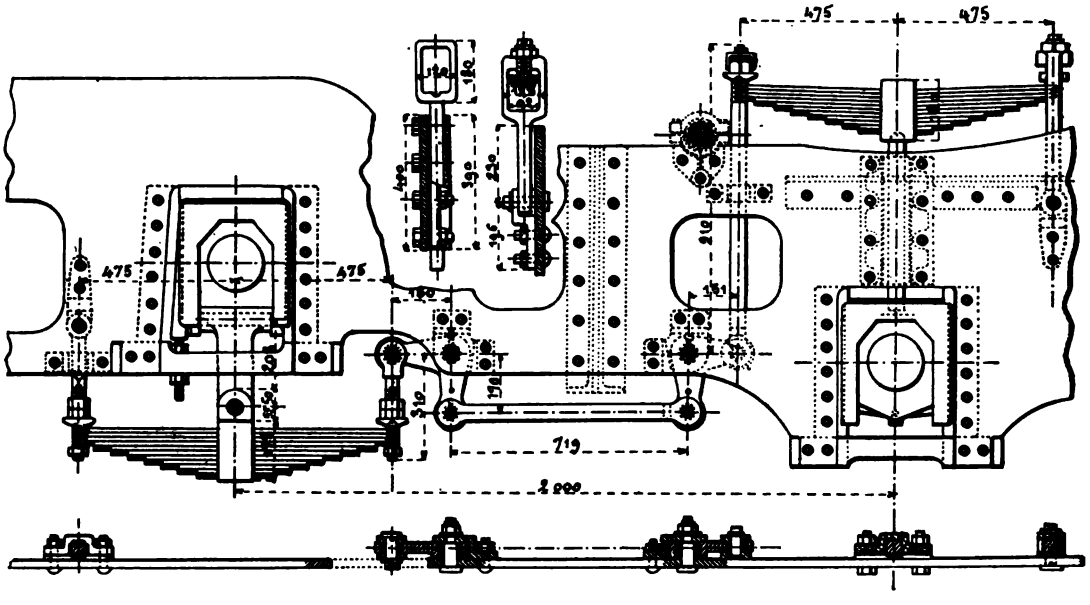


Fig. 679. — Accouplement des ressorts par équerres et bielles articulées (*État prussien*).

possible, être placés sur un bouton en porte à faux, mais doivent être chargés par des supports à fourche qui les embrassent des deux côtés. L'articulation se fait parfois sur un tourillon cylindrique (fig. 672, 675). On préfère souvent les articulations sur couteaux (fig. 673) qui assurent une plus grande sensibilité au système. Les couteaux doivent être en acier dur trempé ainsi que les platines solidaires du châssis qui viennent les charger ; leur usure serait très rapide s'il en était autrement, car ils sont soumis à des charges considérables, à des chocs et à de petits déplacements continuels lorsque la machine est en mouvement.

Dans les locomotives américaines, l'articulation des balanciers s'effectue sur une clavette tranversale à angles arrondis (fig. 678) solidaire d'un support boulonné au longeron et reposant sur un grain rapporté fixé à queue d'aronde dans le balancier ; la clavette et ce grain sont en acier trempé. Grâce à cette disposition formant les contacts, de pièces rapportées démon-

Digitized by Google

tables, on peut facilement changer à peu de frais l'une ou l'autre dès qu'elles commencent à s'user et à s'entamer.

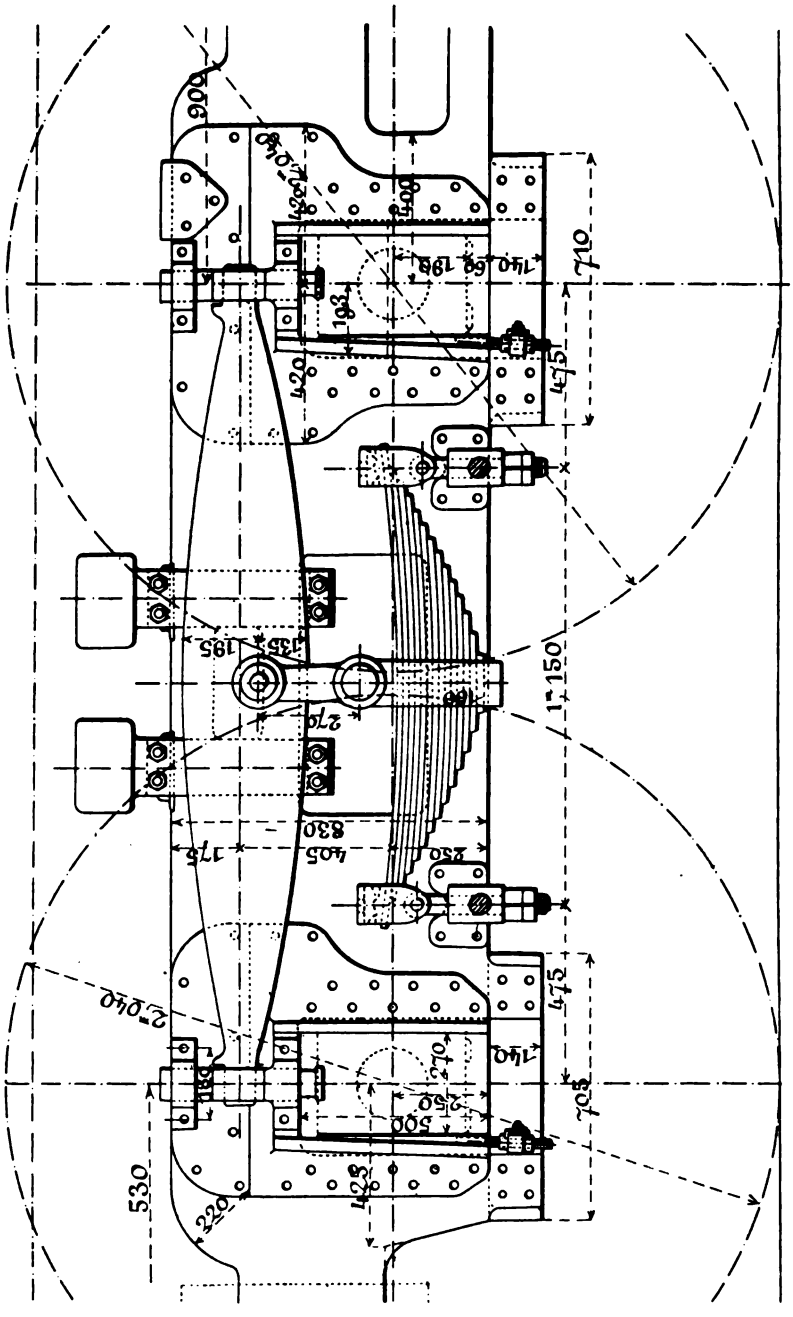


Fig. 6·0. — Suspension des essieux accouplés des locomotives à grande vitesse (série 77-86) du *Chemin de fer d'Orléans*.

307. Essieux. — Les essieux porteurs ou accouplés et les essieux moteurs des locomotives à cylindres extérieurs sont droits; les essieux moteurs des

Digitized by Google

machines à cylindres intérieurs sont coudés. Les essieux droits sont de fabrication courante et ne nous arrêteront pas longtemps. Ils ne diffèrent guère des essieux de voitures et de wagons que par leurs dimensions et aussi par la position de leurs fusées, le plus souvent intérieures (fig. 6956-99). Rappelons que ces essieux se composent d'un corps cylindrique ou formé par la réunion de deux troncs de cône allongés réunis par leurs petites bases souvent raccordées par des courbes de grand rayon, de deux portées destinées à recevoir les roues et de deux, trois ou quatre fusées, suivant que le châssis est intérieur, extérieur ou double. Dans la plupart des machines européennes, les différentes portions de l'essieu sont séparées par des collets en saillie, raccordés par des congés, sur lesquels viennent buter les roues après le calage et servant à maintenir l'essieu transversalement dans les coussinets des boîtes. Aux Etats-Unis, on ne fait pas venir en général de collets sur les essieux (fig. 709); ce sont les moyeux des roues qui, par leurs faces intérieures, servent de butée sur les coussinets. Cette disposition présente quelques avantages; elle simplifie un peu la fabrication et permet de placer sur le corps de l'essieu, avant le calage des roues, des poulies d'excentrique en une seule pièce, mais il faut évidemment les casser ou les couper pour les retirer et les poulies de rechange doivent être en deux pièces.

Dans les locomotives modernes, le diamètre des essieux moteurs et accouplés, au corps, varie entre 0,180 m. et 0,195 m.; les fusées ont généralement un diamètre supérieur de 5 à 10 mm. à celui du corps. La longueur des fusées varie de 0,250 à 0,280 m. Les essieux porteurs ont ordinairement un diamètre au corps de 0,150 m. à 0,180 m.; pour les essieux de bogie on descend parfois à 0,135. Quand les fusées de ces essieux sont extérieures, elles ont un diamètre inférieur à celui du corps, au milieu, de 5 à 10 mm. et une longueur de 0,240 à 0,320 m.

308. Les essieux coudés (fig. 681 à 693) portent deux coudes-manivelles, calés à 90°, dont l'entraxe est égal à celui des cylindres et qui sont placés entre les roues. Ces coudes sont obtenus par forgeage puis évidés à l'outil. Ils sont dégrossis au tour sur le corps et les parties qui ne doivent servir ni de surface frottante ni de portée de calage pour les roues ou les excentriques. Les fusées, les tourillons et les portées de calage sont finies avec soin et polies. Les bras sont à section droite rectangulaire; leurs faces transversales sont le plus souvent rectilignes et parallèles; leur distance, qui correspond à la largeur du bras est légèrement supérieure au diamètre de l'essieu auquel les faces longitudinales sont reliées par des congés dont le rayon varie entre 20 et 30 mm. Les deux bouts des bras sont formés par des surfaces arrondies concentriques, soit au tourillon le plus voisin, soit au contraire à celui qui correspond à l'autre extrémité. La seconde disposition est préférable parce

Digitized by Google

que l'essieu peut être entièrement terminé au tour, chacune des têtes du bras étant tournée en même temps que le tourillon opposé, tandis que, avec la seconde, on doit former l'arrondi à la mortaiseuse ou à la machine à fraiser. Quand les bras doivent être consolidés par des frettes, on leur donne un contour entièrement courbe (fig. 682) sans arêtes ni inflexions brusques afin que la frette puisse s'ajuster sur toute sa surface et donner un serrage égal.

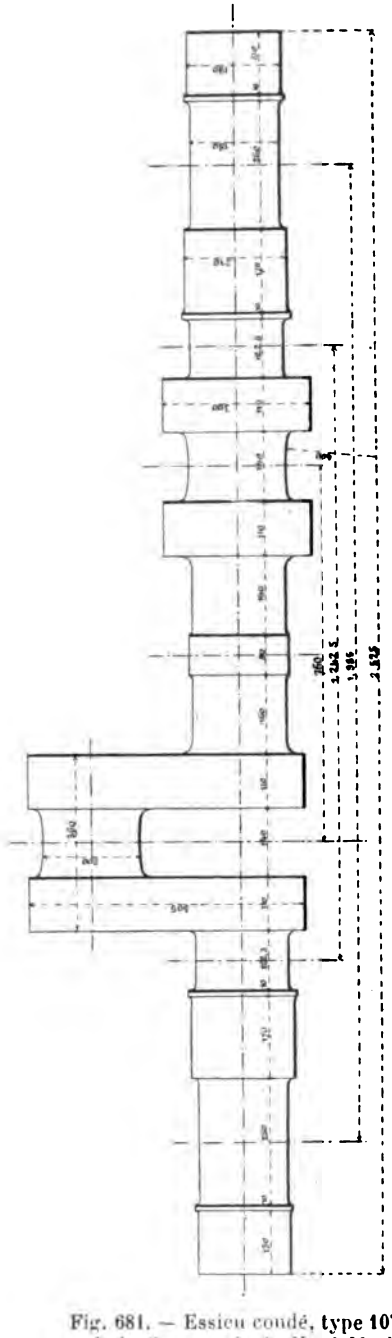
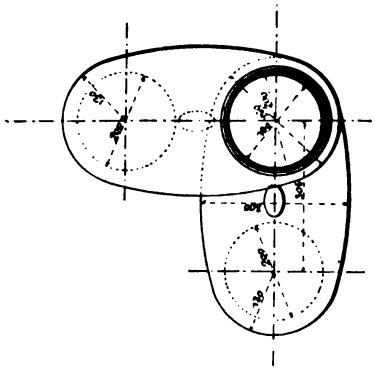


Fig. 681. — Essieu coudé, type 107, de la *Compagnie du Nord* (Mach. à grande vitesse 2821-2911).

On tourne d'abord le corps de l'essieu en mettant ce dernier sur pointes correspondant à son axe longitudinal ; une fois les fusées tournées, on change l'essieu de place et, à l'aide de faux bras rapportés dans les bouts, on met sur pointes correspondant à l'axe du tourillon d'une des manivelles que l'on vient tourner ; on effectue ensuite le tournage de la seconde manivelle par un procédé analogue.



Ce double montage sur le tour doit être fait avec le plus grand soin pour que les deux axes de l'essieu et du tourillon soient strictement parallèles et que le rayon de la manivelle ait exactement la longueur voulue.

Pour éviter cette double opération assez dispendieuse, et en tout cas délicate, certains ateliers importants emploient des machines à tourillonner. Dans ces appareils, c'est l'outil qui tourne, le tourillon restant immobile. Le centrage est plus facile qu'en suivant la méthode précédente et s'opère beaucoup plus rapidement.

Les essieux coudés sont des pièces de fabrication plus difficile moins à cause de leur forme compliquée que par suite

Digitized by Google

des efforts considérables et variés auxquels ils ont à résister en service.

Ces essieux doivent, d'une part, supporter la charge imposée aux roues motrices, charge qui va parfois jusqu'à 19 t. (en Angleterre) et, d'autre part, sont soumis à l'action des efforts moteurs qui les fatiguent d'autant plus que les manivelles sont placées à quelque distance des fusées que maintiennent les boîtes à huile ; cette distance est particulièrement considérable dans les machines à châssis extérieur et c'est une des raisons pour lesquelles on ajoute ordinairement un longeronnet central comportant une boîte sur le milieu de l'essieu moteur, propre à réduire sa flexion sous l'action de la poussée des bielles. En outre, ces essieux fatiguent au passage des courbes raides et des croisements, surtout des traversées-jonctions et, en général, chaque fois que les roues motrices ont une tendance à forcer latéralement sur leurs boudins, cet effet étant d'autant plus sensible que le diamètre des roues, par conséquent le bras de levier de la force considérée, sont plus grands. Les efforts longitudinaux ainsi créés sont, croyons-nous, une des causes les plus actives de la destruction des essieux coudés.

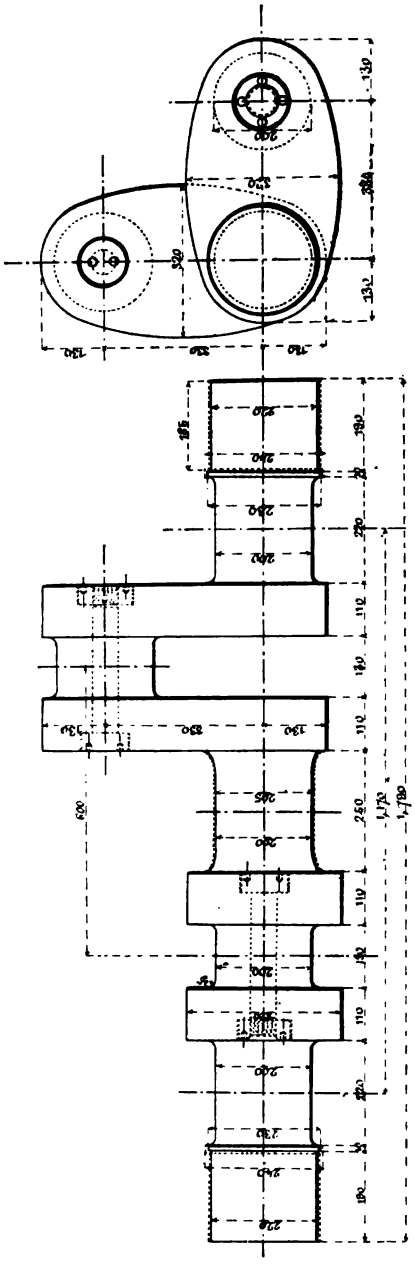


Fig. 682. — Essieu coudé (type 16) de la *Compagnie de l'Ouest* (Mach. à grande vitesse 953-990).

On ne peut malheureusement donner toujours aux bras des essieux coudés, des dimensions transversales en rapport avec les efforts qu'ils ont à supporter et qui permettraient, dans bien des cas, une prolongation de leur durée. L'épaisseur des bras est en effet limitée par la nécessité de donner aux fusées — quand elles sont intérieures — et aux tourillons moteurs une longueur suffisante pour assurer une surface de portage en rapport avec les efforts qu'elles subissent et la vitesse de rotation dont elles sont animées. On ne peut d'autre part, nous

Digitized by Google

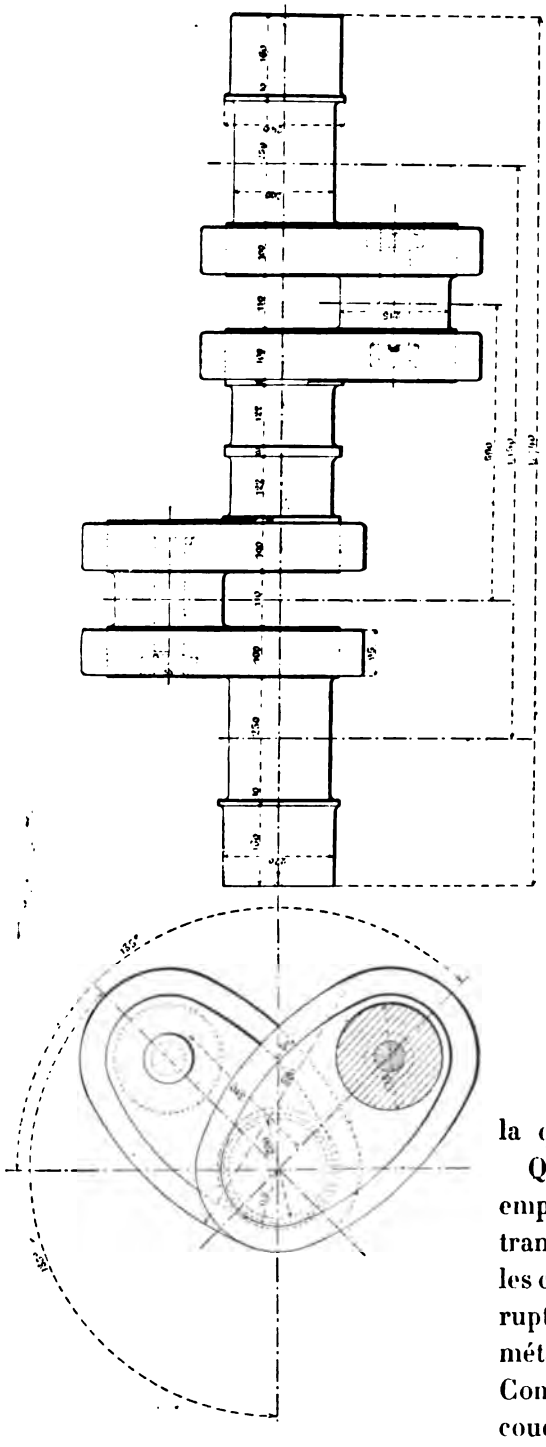
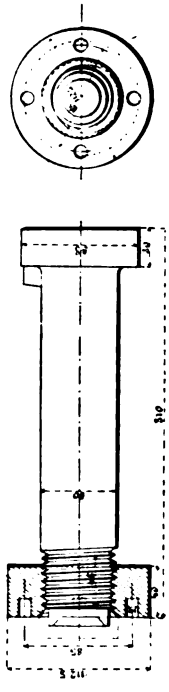


Fig. 683. — Essieu coudé des locomotives compound à grande vitesse, à 4 cylindres (C-21-60) de la *Compagnie P.-L.-M.*

l'avons vu, réduire l'entraxe des cylindres au delà d'une quantité égale au diamètre des cylindres augmenté de leur épaisseur, s'ils sont venus de fonte ensemble et d'une quantité un peu supérieure s'ils sont rapportés. En outre, dans les locomotives comportant des coulisses de Stephenson ou de Gooch, on doit ménager, entre les coudes, l'espace voulu pour loger quatre excentriques. A ce point de vue, les distributions à excentrique unique — *Walschaërt* — ou sans excentriques — *Joy*, etc. — présentent un avantage réel. Si donc on a donné aux essieux coudés les échantillons les plus forts qu'il soit possible, on n'a d'autre ressource d'accroître leur résistance qu'en améliorant la qualité du métal.



Quoi qu'il en soit, grâce aux artifices employés pour augmenter les dimensions transversales des essieux coudés, pour les consolider ou diminuer les effets d'une rupture; grâce enfin aux progrès de la métallurgie et aux soins apportés par les Compagnies à la réception des essieux coudés, ceux-ci donnent toute satisfaction en ce qui concerne la sécurité et il semble assez difficile de mettre en avant

Digitized by Google

leur suppression comme un argument très puissant en faveur des locomotives à cylindres extérieurs, du moins dans les limites de puissance atteintes aujourd'hui en Europe. Il est probable cependant que les Américains ne pourraient construire, avec des cylindres intérieurs, des machines aussi puissantes que quelques-unes de celles qu'ils ont mises en service depuis quatre ou cinq ans.

Les ruptures d'essieux coudés en service sont extrêmement rares et l'on n'a presque jamais constaté de rupture complète. Ces essieux périssent en effet par le développement progressif de fissures, toujours très petites au début, et que révèle un examen attentif comme celui auquel on se livre périodiquement. On peut donc, presque toujours, mettre ces essieux au rebut avant que le développement des fissures n'ait compromis leur solidité.

Les avaries les plus fréquentes consistent en des fissures transversales dans les tourillons moteurs et dans les angles internes et externes des manivelles; ces fissures proviennent pour la plupart des efforts longitudinaux dont nous avons parlé plus haut.

En ce qui concerne leur durée, les essieux coudés se distinguent surtout des essieux droits par l'irrégularité de leur parcours avant retrait du service. Certains ont une durée aussi grande que les meilleurs essieux droits; il n'est pas rare que leur parcours atteigne 500 000 km. La *Compagnie de l'Ouest* exposait en 1889 un essieu coudé du type Martin, parfaitement sain, qui avait parcouru plus de 800 000 km. et ne présentait aucune trace de fatigue. On nous a cité, en Angleterre, des cas où le parcours d'essieux coudés avait excédé 1 million de km. D'autre part, les parcours minima sont souvent faibles, certains essieux ne présentant pas, malgré toutes les précautions prises pour leur fabrication et en dépit du soin apporté à leur réception, une qualité de métal bien appropriée ou homogène, périssent assez rapidement. On en retire parfois du service après un parcours de 25 000 km. seulement; mais, à mesure que l'industrie métallurgique progresse et grâce à de nombreux perfectionnements apportés à la construction de ces essieux ou à des consolidations bien étudiées, la durée des parcours minima n'a pas cessé d'augmenter.

On trouvera ci-dessous, à titre d'exemple général, d'après une *Note technique* émanant de la Compagnie, des tableaux indiquant les parcours kilométriques et le nombre de tours effectués avant retrait du service par les essieux coudés montés sur les différents types de machines des *Chemins de fer de l'Est.*

Sur ces tableaux on a groupé à part les esssieux en fer et les essieux en acier.

Digitized by Google

De ces tableaux il ressort nettement que les essieux coudés en acier tendent à effectuer un parcours moyen notablement supérieur à celui des essieux en fer, et il est probable que cette différence s'accentuera encore lorsque le nombre des essieux coudés en acier retirés du service se rapprochera davantage de celui des essieux coudés en fer.

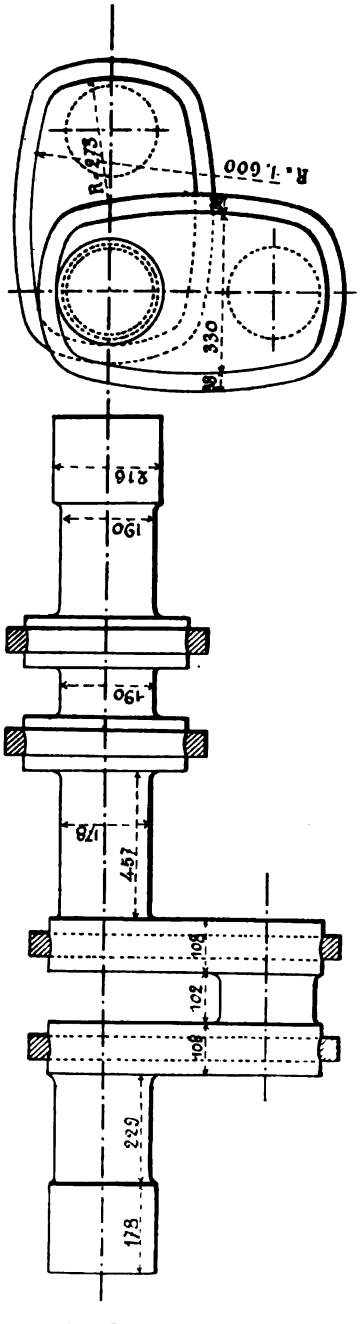


Fig. 684. — Essieu coudé des locomotives-tenders de banlieue du *Taff Vale Railway*.

La supériorité de l'acier pour la constitution des essieux coudés est d'autant plus nette qu'à partir de 1876, date d'une mise en service étendue des essieux en acier, et de 1886, date du retrait à peu près complet des essieux en fer, les essieux coudés placés sous les locomotives de l'*Est* ont eu à supporter des fatigues croissantes par suite des modifications successivement apportées d'une part aux machines elles-mêmes, d'autre part aux conditions de traction des trains.

En effet, on doit faire observer que :

1° A partir de 1874, les poids totaux et adhérents des machines se sont accrus par suite de modifications de détail et d'applications diverses (abris, cendriers fermés, changements de marche à vis... etc.) ;

2° De 1880 à 1888, certaines de ces machines ont reçu des chaudières neuves plus fortes et timbrées à 9 et même à 10 kg., alors que les anciennes chaudières n'étaient timbrées généralement qu'à 7 1/4 kg. ;

3° De 1883 à 1888, les appareils du frein Westinghouse ont été successivement appliqués à ces machines ;

4° A partir de 1876, le poids mort des trains s'est progressivement augmenté par suite de la mise en service des nouveaux types de voitures et wagons.

La comparaison des nouveaux types avec les types antérieurs fait ressortir une augmentation de poids mort de 50 0/0 par place offerte pour les voitures

Digitized by Google

RÉSUMÉ DES PARCOURS KILOMÉTRIQUES EFFECTUÉS PAR LES ESSIEUX COUDÉS

SÉRIES DES LOCOMOTIVES	FER								ACIER								OBSERVATIONS
	RETIRÉS DU SERVICE				EN SERVICE de même ancienneté ou d'ancienneté plus grande.				RETIRÉS DU SERVICE				EN SERVICE de même ancienneté ou d'ancienneté plus grande.				
	Nombre d'essieux.	Parcours. Minimum.	Maximum.	Moyen.	Nombre d'essieux.	Parcours. Minimum.	Maximum.	Moyen.	Nombre d'essieux.	Parcours. Minimum.	Maximum.	Moyen.	Nombre d'essieux.	Parcours. Minimum.	Maximum.	Moyen.	
		Kilom.	Kilom.	Kilom.						Kilom.	Kilom.	Kilom.		Kilom.	Kilom.	Kilom.	
91 à 100, 304 à 361.	155	30 587	613 890	249 095	La Compagnie de l'Est n'a plus d'essieux coudés en fer en service.				54	178 888	657 824	338 759	38	200 679	553 221	339 484	
101 à 120, 142 à 157, 259 et 260.	140	62 155	413 718	198 430					34	146 862	389 701	306 030	18	166 992	424 558	343 511	
121 à 135.	59	65 894	424 168	222 248					12	176 733	366 079	304 619	1	305 626	305 626	305 626	
261 à 285.	33	66 366	424 815	150 371					6	117 535	409 758	268 113	19	121 921	321 183	248 452	
441 à 485.	»	»	»	»					3	38 486	356 052	234 951	48	243 745	430 096	359 802	Il n'y a pas eu d'essieux coudés en fer mis en service dans ces séries.
613 à 704.	»	»	»	»					61	26 247	329 222	195 741	55	76 270	385 306	236 401	
01 à 032.	101	62 115	532 365	226 432					1	131 511	131 511	131 511	21	134 377	450 933	213 967	
033 à 062.	131	22 104	300 929	141 121					36	121 242	399 797	224 076	5	238 691	352 689	288 537	
063 à 0120.	248	27 793	313 246	145 200					39	118 761	546 495	338 010	21	131 279	484 224	328 208	
0165 et 0166.	3	240 847	456 661	353 356					»	»	»	»	»	»	»	»	
0169 et 0170.	6	68 057	333 732	166 403					»	»	»	»	»	»	»	»	
0189 à 0200.	41	25 660	400 195	138 054					15	113 782	408 614	200 035	2	192 373	348 463	270 418	
1002 à 1005.	»	»	»	»					»	»	»	»	4	»	»	»	Machines construites en 1893.

Digitized by Google

RÉSUMÉ DES NOMBRES DES RÉVOLUTIONS EFFECTUÉES PAR LES ESSIEUX COUDÉS

SÉRIES des LOCOMOTIVES	Parcours correspondant à une révolution d'essieu.	FER — RETIRÉS DU SERVICE				FER — EN SERVICE de même ancienneté ou d'ancienneté plus grande.				ACIER — RETIRÉS DU SERVICE				ACIER — EN SERVICE de même ancienneté ou d'ancienneté plus grande.				OBSERVATIONS
		Nombre d'essieux.	Nombre de révolutions. Minimum.	Maximum.	Moyen.	Nombre d'essieux.	Nombre de révolutions. Minimum.	Maximum.	Moyen.	Nombre d'essieux.	Nombre de révolutions. Minimum.	Maximum.	Moyen.	Nombre d'essieux.	Nombre de révolutions. Minimum.	Maximum.	Moyen.	
	m.																	
91 à 100, 304 à 361	5,34	155	5728000	113354000	46648000	La Compagnie de l'Est n'a plus d'essieux coudés en fer en service.				54	33500000	123188000	63438000	38	37580000	103579000	63573000	
101 à 120, 142 à 157, 259 et 260 . . .	5,40	140	11510000	76688000	36746000					34	27196000	72185000	56672000	18	30924000	78628000	63613000	
121 à 135. .	5,78	59	11400000	73385000	38451000					12	30576000	63335000	52702000	1	53032000	53032000	53032000	
261 à 285 . .	4,93	33	13664000	86169000	30501000					6	23840000	83115000	51383000	19	24732000	55148000	50395000	
441 à 485. .	5,78	»	»	»	»					3	6658000	61600000	40648000	48	42533000	74411000	62249000	
613 à 704. .	4,90	»	»	»	»					61	5356000	67188000	39947000	55	15565000	78633000	48041000	
01 à 032. . .	4,50	101	13778000	118093000	50228000					1	29172000	29172000	29172000	21	29808000	100029000	45326000	
033 à 062. .	4,64	131	4763000	64855000	30413000					36	26129000	86163000	48292000	5	51442000	76010000	62184000	
063 à 0120. .	4,64	248	5989000	69665000	31293000					39	25595000	117779000	72846000	21	28292000	104358000	70773000	
0165 à 0166 .	3,95	3	60973000	115610000	89204000					»	»	»	»	»	»	»	»	
0169 et 0170.	3,48	6	19556000	95900000	47816000					»	»	»	»	»	»	»	»	
0189 à 0200.	4,27	41	6009000	93722000	32331000					15	26646000	95693000	46847000	2	45052000	81607000	63329000	
1002 à 1005.	4,39	»	»	»	»					»	»	»	»	4	»	»	»	Machines construites en 1893.

Digitized by Google

à voyageurs et une augmentation moyenne par véhicule d'environ une tonne, soit 20 0/0 pour les wagons ;

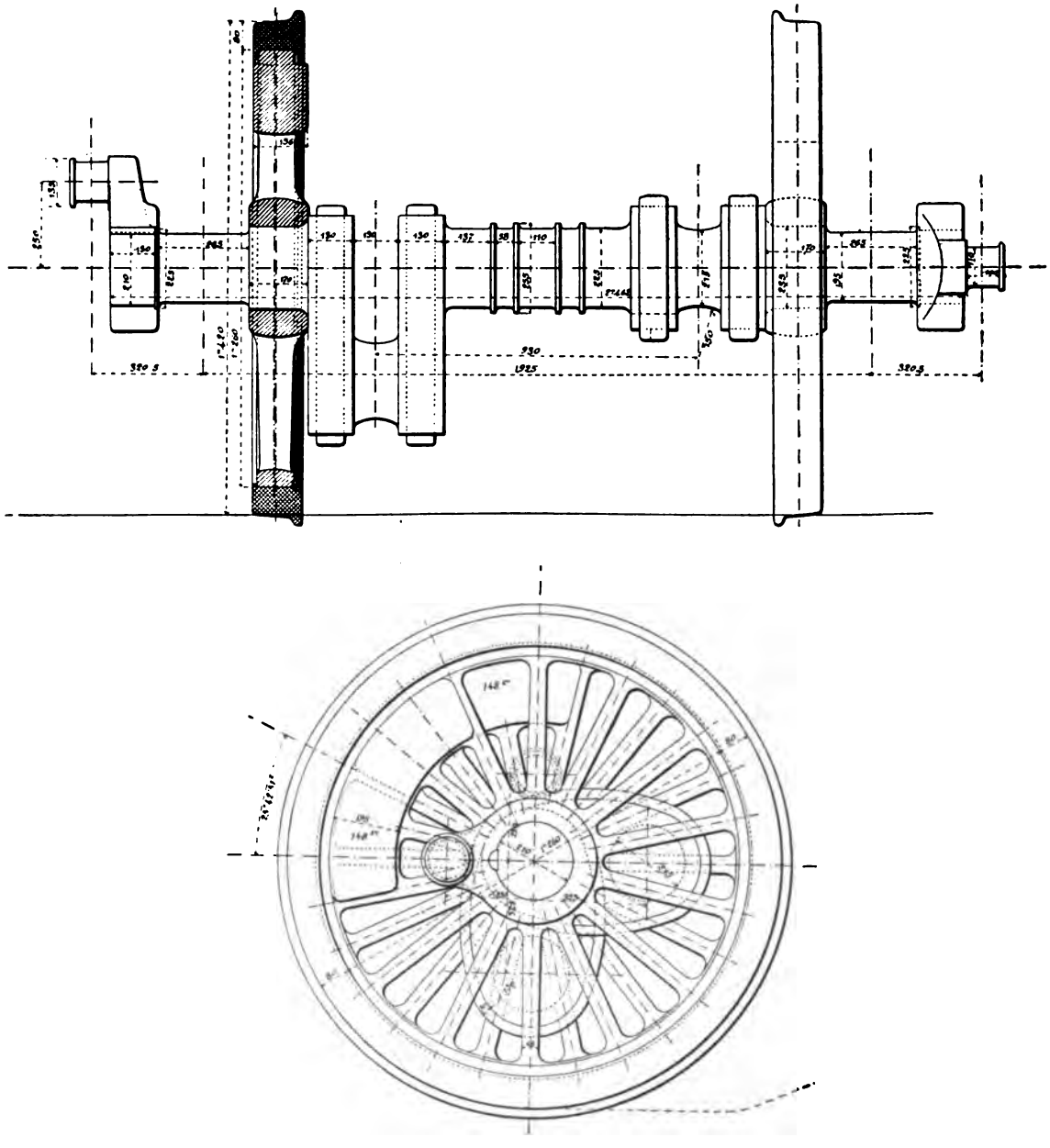


Fig. 685. — Essieu moteur monté des locomotives à marchandises de la *Compagnie de l'Est* (série 3001 à 3015).

5° De 1882 à 1889, le frein Westinghouse a été monté sur tout le matériel à voyageurs ;

Digitized by Google

6° Enfin, de 1886 à 1889, on a augmenté la vitesse moyenne de marche de tous les trains à voyageurs d'environ 5 km. à l'heure.

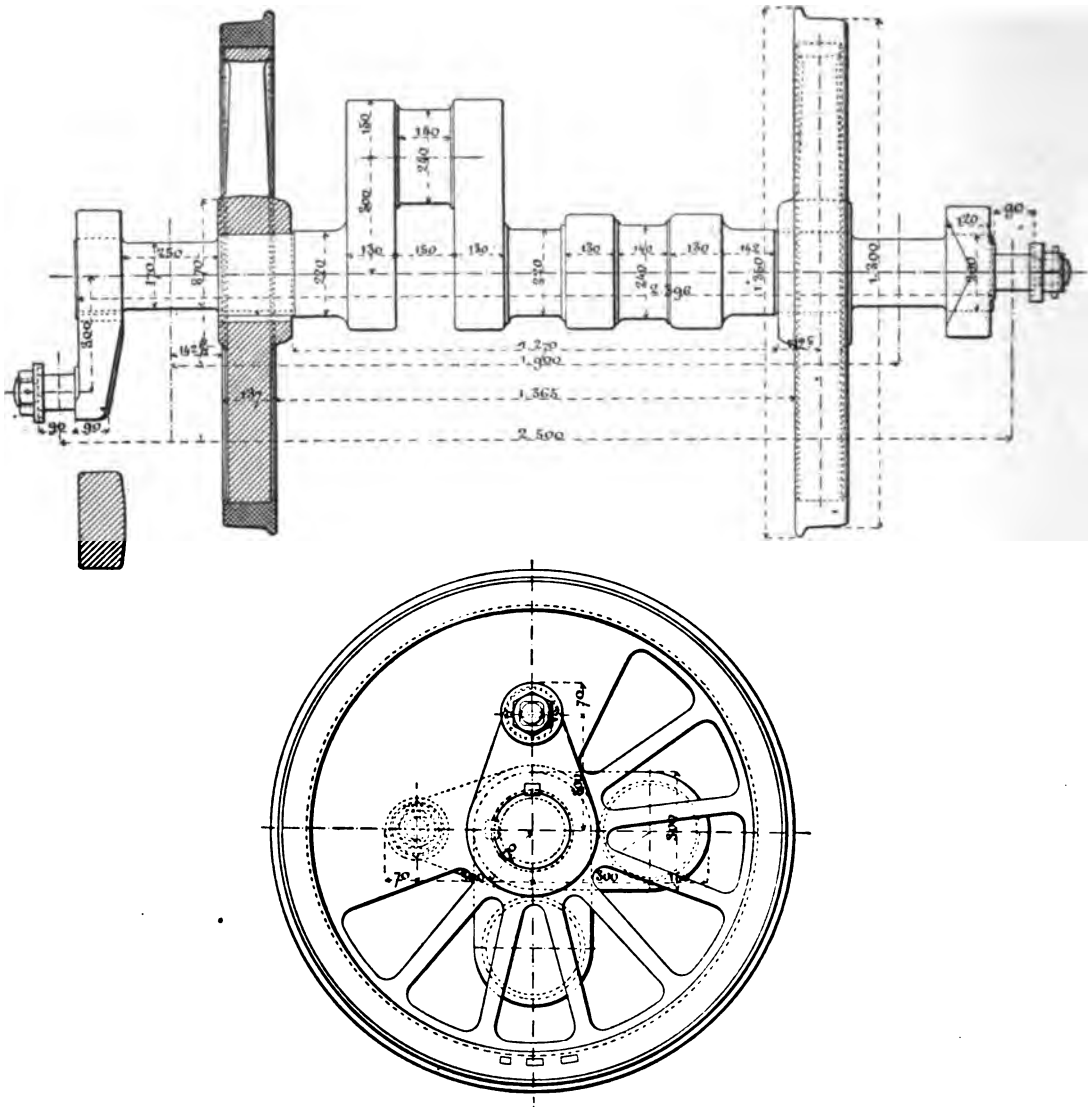


Fig. 686. — Essieu moteur monté des locomotives à marchandises (type 25) des *Chemins de fer de l'État belge*.

Les essieux coudés sont retirés du service :

1° Pour ruptures ou avaries graves compromettant la sécurité, telles que criques, fissures, pailles, etc.

Si les criques ou fissures longitudinales constatées ne dépassent pas 20 ou 30 mm. de longueur, et qu'elles ne soient pas ouvertes, les essieux sont encore maintenus en service pendant quelques mois.

Digitized by Google

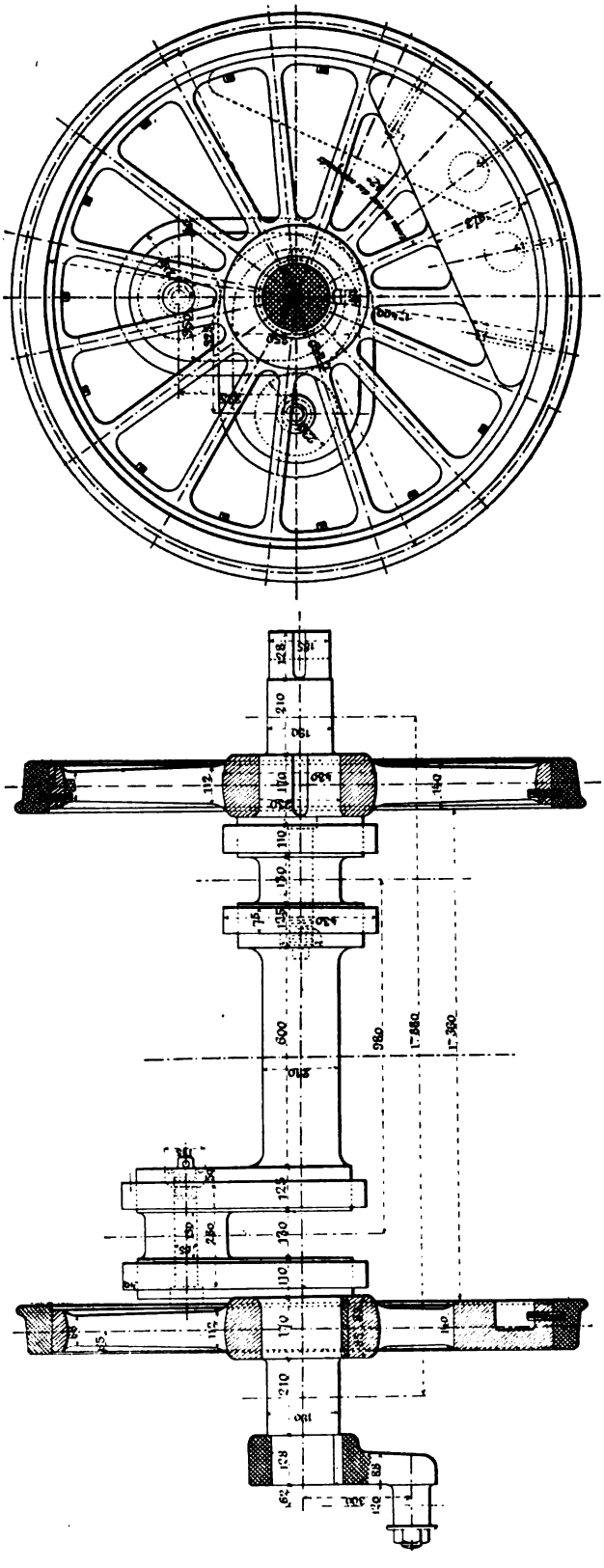


Fig. 687. — Essieu moteur monté des locomotives-tenders de banlieue (série 2168-2200) du *Chemin de fer d'Orléans*.

Les criques et fissures transversales entraînent le rebut de l'essieu ;

2° Pour usure lorsque le diamètre est réduit dans la proportion de 7/100 pour les tourillons ou de 6/100 pour les fusées.

Quand un essieu, ayant fait peu de parcours ou étant depuis peu de temps en service, atteint cette limite d'usure par suite de grippage, il est encore maintenu en service pendant l'intervalle d'un ou deux retournages des bandages, si un examen attentif ne révèle aucune défectuosité du métal.

Les essieux coudés sont l'objet d'une surveillance spéciale dans les dépôts au moment des levages et dans les grands ateliers lorsque les paires de roues viennent en réparation.

Il est généralement prescrit de démonter, pour complément d'examen, les poulies d'excentri-

Digitized by Google

ques des essieux coudés dont le parcours est supérieur à 150 000 km.

On examine, à la loupe s'il est nécessaire, les parties douteuses des essieux; au besoin on rend les fissures et les pailles plus apparentes, en provoquant des suintements d'huile, soit en frappant en bout des essieux avec une masse en cuivre d'un certain poids, soit en lançant les roues sur des cales de peu de hauteur et en les leur faisant franchir, de façon à déterminer par cette chute des vibrations de quelque durée.

Les procédés employés pour éviter, autant que possible, les avaries aux essieux coudés des types ordinaires sont de plusieurs sortes. Nous en examinerons les principaux.

1° *Renforcement de certaines parties des essieux.* — On a obtenu de bons résultats, dans la pratique, sur des machines existantes, en renforçant les essieux coudés de rechange ou destinés aux nouvelles locomotives des mêmes types, dans certaines parties où l'expérience indiquait que les criques se produisaient plus fréquemment. On a par exemple, sur beaucoup de réseaux, augmenté le diamètre des tourillons de manivelles et le rayon des congés les raccordant aux bras ou unissant ceux-ci au corps de l'essieu, en élargissant les bras quand cela était possible ou en modifiant la forme des tourillons. La Compagnie du *Midland Railway* a depuis longtemps adopté un profil de tourillon concave se raccordant aux bras par des congés de très grand diamètre; cette forme de tourillon accroît certainement la durée des essieux mais elle rend très difficile l'ajustage des coussinets de têtes de bielles et occasionne parfois des chauffages; la Compagnie de l'*Ouest* a essayé ce profil et semble y avoir renoncé. La Compagnie de l'*Est* l'a appliqué à ses locomotives de banlieue (série 613 à 704) et à ses nouvelles locomotives à marchandises (série 1 002 à 1 005 et 3 001 à 3 015) (fig. 685).

L'adoption de châssis extérieur a pu quelquefois permettre d'augmenter l'épaisseur des bras des manivelles.

2° *Application de frettes en fer forgé aux manivelles.* — Les nouvelles machines à grande vitesse des Compagnies de l'*Ouest* et de *P.-L.-M.*, les machines à marchandises (type 1 000 et 3 000) de la Compagnie de l'*Est*, les machines de banlieue (type 2 168 à 2 185) de la Compagnie d'*Orléans*, etc., beaucoup de locomotives anglaises comportent des essieux coudés dont les bras sont renforcés par des frettes en fer sans soudure posées à chaud (au bois fumant; environ 1 mm. de serrage) (fig. 682 à 685, 687), qui non seulement consolident l'essieu mais surtout ont pour but de maintenir, en cas de rupture, les deux parties d'une manivelle qui viendrait à casser et de permettre à la machine de rentrer au dépôt sans accident.

L'application des frettes, toute récente dans son développement; les pre-

Digitized by Google

mières machines qui en ont reçu à l'état neuf étant, croyons-nous, les deux locomotives à bogie de la Compagnie de l'*Ouest* du type de 1888 (mach. 951-952) remonterait en principe, d'après une note de la Compagnie de l'*Est*, à 1860, mais elle serait restée exceptionnelle et peu connue jusqu'à l'époque que nous avons indiquée. En Angleterre, le *Midland Ry* est, pensons-nous, la première Compagnie qui ait appliqué le frettage et l'ait généralisé.

3° *Application d'un boulon de consolidation aux tourillons.* — La Compagnie anglaise citée ci-dessus a, depuis plusieurs années, adopté la pratique de percer suivant leur axe les tourillons d'un trou intérieur du diamètre de 60 mm. environ dans lequel on passe un boulon de même diamètre entré à frottement dur, dont la tête et l'écrou sont noyés dans le bras. Cette disposition a été aussi appliquée dès 1888 par la Compagnie de l'*Ouest*, un peu plus tard par la Compagnie de *Lyon* pour certains types de machines, particulièrement les locomotives compound à grande vitesse (C-21-60), puis à titre d'essai par la Compagnie de l'*Est* (voir fig. 682, 683).

Ce boulon, énergiquement serré, empêche la séparation des deux parties de l'essieu en cas de rupture du tourillon. Nous avons connaissance d'un cas où cette disposition a justifié l'intérêt qu'elle présente en permettant à une machine, dont l'essieu moteur était cassé dans un des tourillons, de faire son train sans incident et de rentrer au dépôt.

309. Types spéciaux d'essieux coudés. — Indépendamment des perfectionnements apportés à la disposition des essieux coudés, certains ingénieurs ont étudié de nouveaux types d'essieux pouvant, dans certains cas, offrir une plus grande résistance ou permettant, à résistance égale, de donner une plus grande longueur aux tourillons et aux fusées.

Nous citerons d'abord l'essieu à plateau du type *Worsdell* (fig. 688, 689). Les bras sont remplacés par des plateaux circulaires excentrés qui, présentant un très grand moment d'inertie dans le sens de leur diamètre, peuvent n'avoir, à résistance égale ou même supérieure, qu'une largeur notablement inférieure à celle qu'il faudrait adopter avec des coudes du système usuel. En outre, un tel essieu peut être entièrement fini au tour, ce qui diminue le prix de son usinage. Au *North Eastern Ry* l'adoption des bras circulaires a permis de réduire leur épaisseur à 101 mm. pour des essieux portant 19 t. environ et destinés à des machines ayant des cylindres volumineux alors qu'il semblerait difficile, avec le système ordinaire, de descendre au-dessous de 0,115 m. à 0,125 m. pour des machines analogues.

Dans les machines de la Compagnie du *Nord* du type *Outrance* (série 2821-2911; 2201-2212) l'essieu coudé du type 107 (fig. 681) a des bras d'une épaisseur de 0,110 m.; plusieurs locomotives de cette série ont reçu des

Digitized by Google

essieux Worsdell dont les bras n'ont que 0,090 d'épaisseur (fig. 689). Cela a permis de porter la longueur des tourillons de 0,140 m. à 0,160 m. et celle des fusées intérieures de 0,122,5 à 0,132,5.

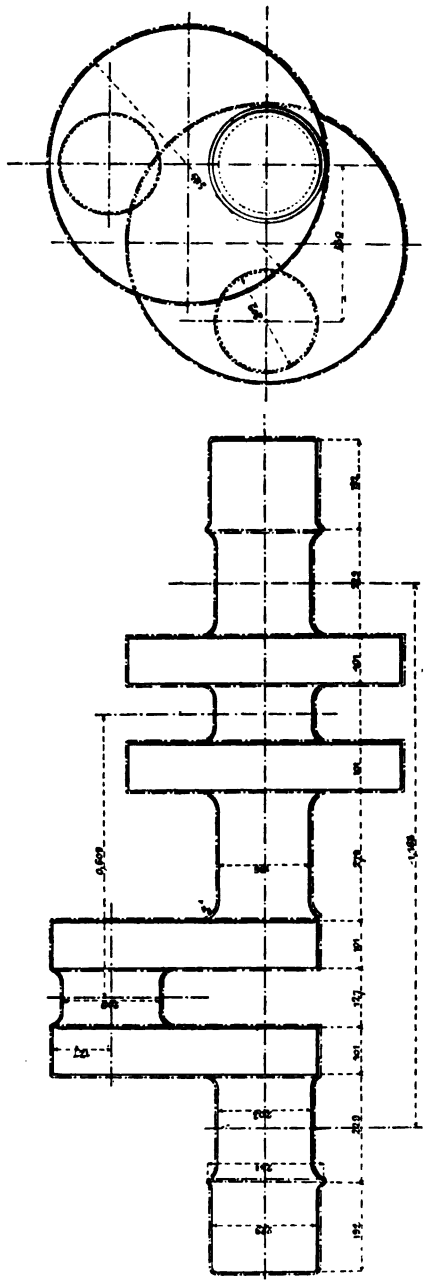


Fig. 688. — Essieu coudé (type Worsdell) du *North Eastern Ry.* (Mach. des séries M, M', Q. Q_1).

Ce type d'essieu convient aux locomotives dans lesquelles on éprouve, par suite de la disposition des cylindres et du châssis, des difficultés à donner aux fusées et tourillons une longueur suffisante. Il est difficile à forger.

Des applications en ont été faites en France par les Compagnies de l'*Ouest* et du *Nord*.

La Compagnie du *Nord* a récemment appliqué à quelques-unes de ses machines compound à grande vitesse un essieu coudé d'un nouveau modèle représenté figure 693 et qui a été appliqué pour la première fois, croyons-nous, aux deux locomotives compound à quatre cylindres (nos 902-903), construites par la *Société alsacienne* pour la Compagnie de l'*Ouest*.

Les deux bras extérieurs des manivelles sont constitués par des plateaux circulaires ; les bras intérieurs sont supprimés, les deux tourillons étant réunis par une pièce de section circulaire, placée obliquement par rapport à l'axe de l'essieu. La Compagnie de *Lyon* a appliqué aussi à quelques-unes de ses nouvelles locomotives compound à grande vitesse un type d'essieu analogue.

M. Webb a récemment introduit au *London and North Western Ry* un type d'essieu coudé en plusieurs pièces construit d'après les mêmes principes que les arbres dits *built-up* employés si fréquemment dans la marine.

Les premières applications furent faites sur les essieux, à coude unique

Digitized by Google

placé au centre, des locomotives compound à trois cylindres du type *Jeannie Deans*. Les résultats obtenus ayant été encourageants, on a appliqué cette méthode à des essieux destinés à être placés sous des locomotives à quatre roues accouplées possédant des cylindres de 0,432 m. sur 0,610 m. et timbrées à 10,54 kg. On en trouvera le tracé figure 690.

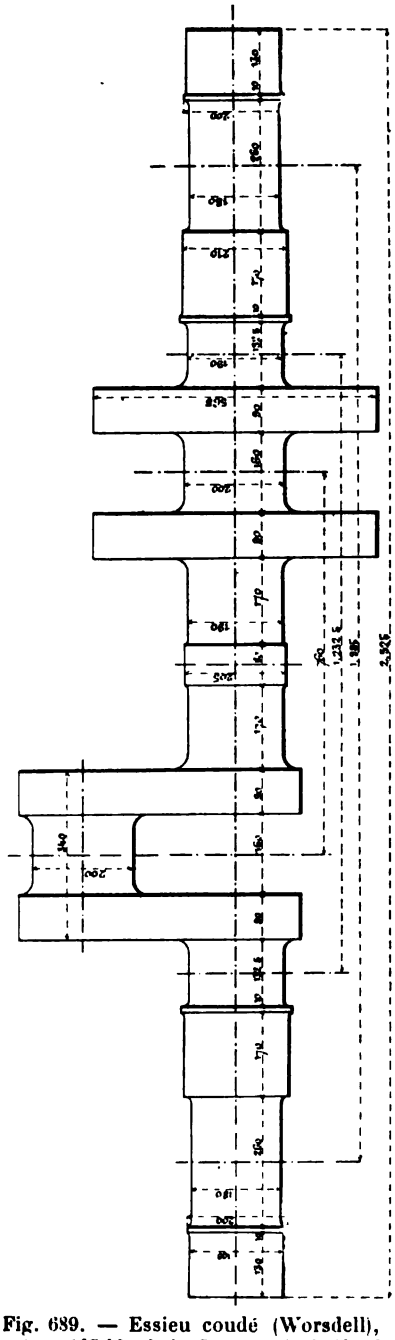
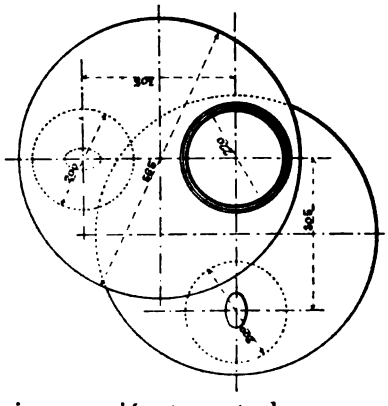


Fig. 689. — Essieu coudé (Worsdell), type 107 *bis*, de la *Compagnie du Nord* (Mach. à grande vitesse 2821-2911).

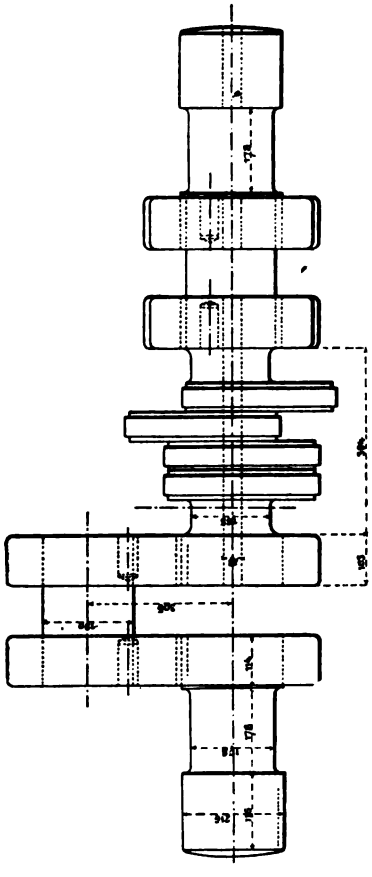
Cet essieu est composé de neuf pièces à savoir : quatre manivelles, deux tourillons, une partie centrale formant corps et deux parties extrêmes continuant l'essieu et comportant chacune une fusée et une portée de calage. La portion centrale est



en acier moulé et porte les excentriques venus de fonte; elle est alésée en son centre d'un trou de 38 mm. de diamètre ayant pour but de l'alléger et de permettre en même temps de vérifier qu'elle est parfaitement saine. Les fusées, les tourillons et les bras sont en acier Bessemer forgé. Les différentes pièces sont assemblées à chaud sans pression. Les tourillons et portées de calage des manivelles sont parfaitement tournés et polis. Les ouvertures percées dans les bras et qui doivent s'assembler sur ces portées ont un diamètre intérieur légèrement plus faible que celui des portées elles-mêmes, environ de 1,7 mm. par mètre. Les manivelles sont chauffées à une température notablement inférieure à celle du rouge le plus sombre. Dès

Digitized by Google

que, au moyen d'une jauge appropriée ayant exactement le diamètre de la portée, l'ouvrier chargé de diriger l'opération constate que l'échauffement de la manivelle placée sur un feu ouvert est assez considérable pour que la dilatation permette l'emmanchement à la main, la manivelle est placée sur la portée; elle entre par son propre poids. Aussitôt après, avant que le refroidissement ait amené un serrage, on passe une clavette qui, présentée à froid, ne peut entrer dans son logement qu'à coups de marteaux. Le serrage est très énergique dès que la manivelle est refroidie. On emmanche de même le bouton sur sa manivelle, puis la seconde manivelle sur l'autre fraction d'arbre, puis l'extrémité libre du tourillon dans le second bras avant qu'il ne soit refroidi. L'emmanchement des deux manivelles et du tourillon du second coude s'opère de même, mais on doit avoir la précaution d'effectuer l'opération sur des V placés au-dessus d'un marbre de manière à vérifier le calage et à le régler avant que le refroidissement n'ait rendu impossible toute rotation des manivelles sur leur essieu. Pour compléter la fixation des tourillons dans les manivelles, on vient visser à mi-fer de chaque côté, par l'extérieur, une vis de 26 mm. de diamètre ayant un pas de 2 mm.



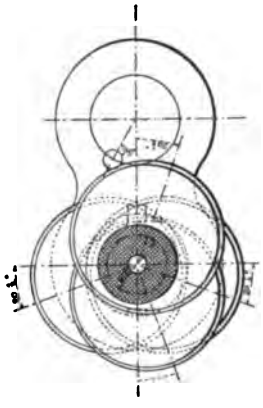


Fig. 690. — Essieu coudé, *built up*, du *L. and N. W. Ry.* (type Webb).

La Compagnie de l'*Est* a récemment construit, à titre d'essai, deux essieux du même genre, composés du même nombre de pièces à peu près semblablement disposés et destinés à être placés sous des locomotives à six roues accouplées (série 3 001 à 3 015) à longerons extérieurs et à cylindres intérieurs de 0,470 m. de diamètre et de 0,650 m. de course timbrées à 13 kg. L'essieu moteur porte 16,5 t.

Les deux parties extrêmes de cet essieu comprennent chacune la fusée, la portée de calage dans le moyeu de la roue, la portée de calage de la manivelle d'accouplement, enfin la portée de calage dans l'un des bras de la manivelle motrice. La partie médiane formant portée pour les poulies d'excentriques se termine par les deux portées de calage dans les deux autres bras des mani-

Digitized by Google

velles motrices. Les bras des manivelles forment quatre morceaux, les deux boutons moteurs en forment deux terminés par les portées de calage dans les bras des manivelles.

L'emmanchement des divers morceaux est fait à froid, à la presse, sous une pression de 50 t. environ.

Cet essieu est un peu plus lourd que l'essieu en une pièce des locomotives de la même série : 1 575 kg. au lieu de 1 320 kg. L'acier employé à sa construction répond aux conditions suivantes : résistance par mm.² 48 à 52 kg.; allongement après rupture 22 0/0.

Les essieux en plusieurs pièces, qui n'ont pas encore dépassé la période expérimentale, présentent plusieurs avantages qui pourraient contribuer à en généraliser l'emploi si les résultats obtenus en pratique sont satisfaisants.

Ces essieux sont composés de pièces de formes simples faciles à forger et dont la qualité risque moins d'être altérée par l'opération du forgeage.

Leur prix peut être notablement moindre que celui des essieux coudés ordinaires surtout si, leur fabrication étant devenue courante, on dispose d'un outillage bien approprié. On peut les constituer en acier coûtant actuellement de 32 à 34 fr. les 100 kg. tandis que les essieux en une pièce coûtent 103 fr. environ les 100 kg. La Compagnie de l'*Est* estime que ses essieux coudés en neuf pièces lui coûteront 1 200 fr. une fois finis d'ajustage tandis que les essieux en une pièce du même type coûtent 1 750 fr.

Les tourillons de manivelles n'ayant pas de congés, on peut utiliser toute leur longueur pour le portage de la tête de bielle, ce qui augmente la surface frottante et diminue les chances de grippage et d'échauffement.

Ce système de construction permet l'emploi facile de contrepoids formés par le prolongement des manivelles et qui, situés plus près de l'axe des organes à équilibrer, peuvent avoir plus d'efficacité que les contrepoids placés sur les roues.

Les tourillons de manivelles peuvent être composés d'un métal plus dur que les autres parties de l'essieu de manière à donner lieu à un meilleur frottement et à une usure moindre. Si les différentes parties sont assemblées à froid à la presse, elles peuvent être confectionnées en acier trempé ou en fer cémenté et trempé.

D'après une note de M. E. Flaman, l'idée des essieux en plusieurs pièces ne serait pas nouvelle. La Compagnie de l'*Est* en aurait fait l'essai de 1856 à 1858, sur l'initiative de M. Schivre. Ces essieux étaient composés de cinq pièces : les deux portions extrêmes étaient composées chacune d'un bras de manivelle venu de forge avec la fusée et la portée de calage sur la roue, la partie du milieu comportait la portée de calage des excentriques et les deux autres bras des manivelles; enfin, les deux dernières parties étaient consti-

Digitized by Google

tuées par les boutons de manivelles. Ces derniers étaient rivés sur les manivelles et maintenus à l'aide de clavettes.

L'essai porta sur six essieux de ce type qui ont effectué chacun un parcours moyen de 130 000 km., résultat très satisfaisant si l'on tient compte de ce qu'il s'agissait d'un premier essai et que les moyens d'exécution dont on disposait à l'époque étaient moins perfectionnés et puissants que ceux d'aujourd'hui. Ce type d'essieu ne s'est pas répandu à cette époque parce que le prix de revient au kilogramme des pièces ayant servi à les confectionner revenait à 1 fr. de plus le kilogramme que les essieux en une seule pièce. Les conditions actuelles sont tout autres.

310. Proportions des essieux coudés. — Dans les machines modernes possédant des cylindres de 0,450 m. à 0,500 m. de diamètre et portant de 15 à 17 tonnes sur leur essieu coudé, le diamètre de ceux-ci, aux fusées ou au corps, varie entre 0,190 m, à 0,200 m. ; les essieux les plus gros que nous connaissions sont ceux des nouvelles locomotives à six roues accouplées (série 3 001-3 015) de la *Compagnie de l'Est* qui ont un diamètre au corps de 0,225 m. Le diamètre des boutons de manivelles est le plus souvent égal à celui du corps ou des fusées ; il est parfois un peu plus petit (mach. de l'*Est* citées ci-dessus), parfois un peu plus gros (Mach. *P.-L.-M.* C-21-60 ; *Nord* 2121-2157) (voir fig. 681 et suiv.).

La longueur des fusées est généralement moins grande que dans les essieux droits, l'espace faisant défaut. Elle est ordinairement comprise entre 0,180 m. et 0,220 m. et ne peut s'élever jusqu'à 0,250 m. que si les cylindres sont rapprochés autant qu'il est possible ou par l'emploi des plateaux Worsdell. Quand les fusées sont extérieures, leur longueur n'est plus limitée de la même manière et on lui donne une valeur comprise entre 0,250 m. et 0,270 m.

La longueur des boutons de manivelles ne doit pas être inférieure à 0,110 m. ; encore est-ce là une cote strictement minimum ne donnant pas une surface frottante assez grande ; elle peut suffire aux locomotives compound à quatre cylindres (*P.-L.-M.* et *Nord*, ces dernières n'ont même que 0,100 m.) parce que les efforts sur chaque manivelle sont très sensiblement inférieurs à ceux qui se produisent dans les machines à deux cylindres seulement. On doit autant que possible donner à ces boutons une longueur de 0,130 m. On trouvera (fig. 681, 689) des essieux de la Compagnie *du Nord* (Mach. *Outrance* 2821-2212) dont les tourillons moteurs ont une longueur exceptionnelle de 0,140 m. pour les essieux ordinaires et de 0,160 m. pour les essieux Worsdell, mais ces cotes n'ont pu être obtenues que grâce à l'emploi des longerons doubles qui ont permis de ne donner aux fusées intérieures qu'une longueur de 0,122 m, et 0,132 respectivement.

Les bras doivent avoir une épaisseur de 0,110 m. au minimum ; cependant,

Digitized by Google

DIMENSIONS DE QUELQUES ESSIEUX COUDES

DÉSIGNATION DES MACHINES	TYPE DE L'ESSIEU	DONNÉES RELATIVES A LA MACHINE				DIAMÈTRE				LONGUEUR		ÉPAISSEUR des bras.
		Diamètre des cylindres.	Course des pistons.	Timbre de la chaudière	Poids sur l'essieu en charge.	du corps.	des fusées.	des portées de calage.	des tourillons.	des fusées.	des tourillons.	
		Mètres.	Mètres.	Kilogr.	Tonnes.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Ouest. Machines 953-990.	Ordinaire, fretté. . .	0,460	0,660	11	15,00	0,200	0,200	0,220	0,200	0,220	0,130	0,110
Nord. Out. 2821 2911.	Worsdell	0,460	0,610	11	14,50	0,190	0,190	0,210	0,200	0,132 0,260	0,160	0,090
— Compound 4 cylindres	Worsdell spécial. . .	0,530	0,640	14	15,30	0,230	0,190	0,200	0,200	0,100	0,220	0,095
Est. Machines 613-704	Ordinaire, fretté. . .	0,460	0,600	12	14,80	0,195	0,190	0,215	0,200	0,260	0,120	0,117,5
— — 1001-1005.	— — . . .	0,470	0,650	13	15,55	0,195	0,190	0,230	0,195	0,280	0,130	0,130
— — 441-483.	— — . . .	0,430	0,610	10	14,00	0,190	0,195	0,200	0,200	0,190	0,102	0,105
Paris-Orléans. Machines 2168-2183. .	— — . . .	0,450	0,650	13	16,58	0,210	0,190	0,230	0,230	0,210	0,130	0,125 0,110
Paris-Lyon-Méditerranée. Machines compound C-21-60.	— — . .	0,540	0,620	15	15,14	0,200	0,200	0,220	0,215	0,250	0,110	0,100
North Eastern Q et Q_1.	Worsdell	0,503	0,660	11,25	19,00	0,196	0,203	0,229	0,209	0,229	0,127	0,100
L. N. W. Express	Built up.	0,432	0,610	10,54	14,00	0,165	0,178	0,216	0,190	0,178	0,102	0,114
Midland. Express	Ordinaire, fretté. . .	0,483	0,660	11,25	15,24	0,191	0,191	0,216	0,190	0,178	0,114	»
Lanc. and Yorkshire. Express	—	0,457	0,660	11,25	16,76	0,178	0,191	0,219	0,190	0,229	0,114	0,108
Taff Vale. Banlieue	— fretté. . .	0,457	0,660	10,54	15,50	0,178	0,190	0,216	0,190	0,229	0,102	0,108
Manchester Sheffield. Express	—	0,457	0,660	11,25	16,76	0,197	0,203	0,222	0,216	0,178	0,102	0,108
Caledonian. Express.	—	0,457	0,660	11,25	15,63	0,190	0,203	0,210	0,203	0,190	0,102	0,108
North British. Express.	—	0,457	0,660	10,54	15,85	0,190	0,203	0,210	0,203	0,190	0,102	0,108

Digitized by Google

pour les locomotives compound à quatre cylindres, on descend à 0,100 m. (*P.-L.-M.*, C-21-60). Les essieux des machines de la Compagnie de l'*Est* citées ci-dessus ont exceptionnellement des bras d'une épaisseur de 0,130 m. Avec des essieux *built-up* il est difficile de descendre au-dessous 0,120 m.

Dans les essieux du type Worsdell, on peut donner aux plateaux une

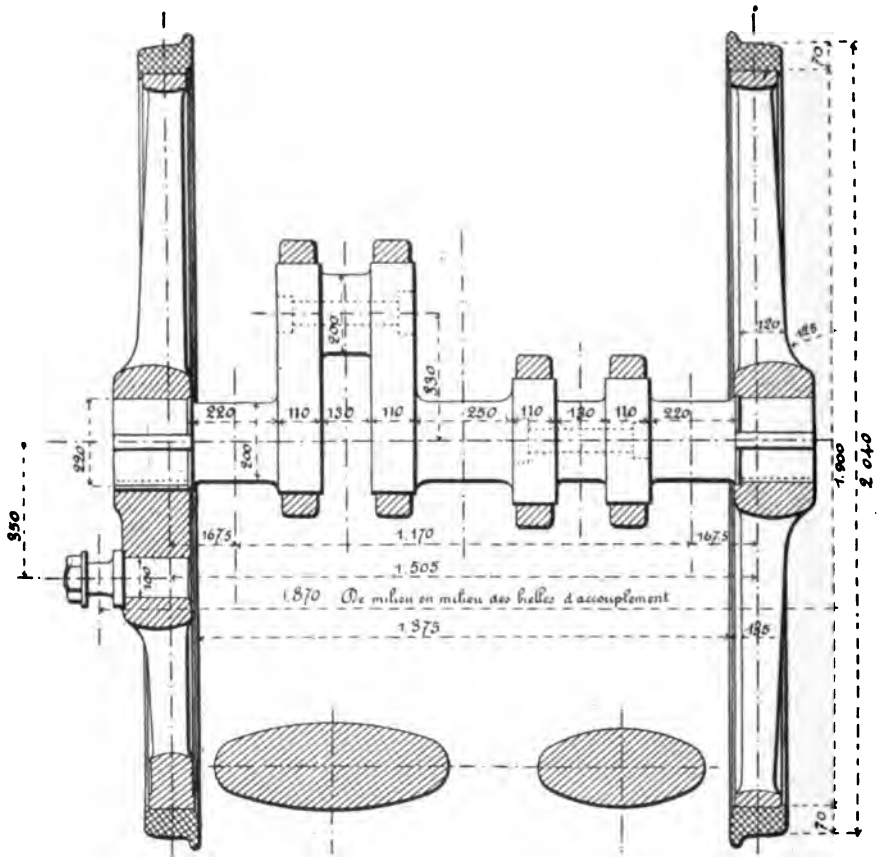


Fig. 691. — Roues motrices montées des locomotives à grande vitesse et à bogie (série 953-990) des *Chemins de fer de l'Ouest*. (Coupe transversale.)

épaisseur notablement moindre. En fait, pour les plus fortes machines, cette épaisseur ne dépasse pas 0,100 m. ; elle s'abaisse souvent à 0,095 m. et même 0,090 m. (essieu type 107 *bis* de la *Compagnie du Nord* machines 2 821 - 2 212).

311. Roues. — Les roues des locomotives se font, nous l'avons vu, en fer forgé, en fer matricé, en acier moulé, en fonte, suivant les contrées ou les administrations. En France, jusqu'ici, on emploie les roues en fer matricé d'une manière à peu près exclusive.

Digitized by Google

Les corps de roues se composent d'un moyeu et d'une jante reliés par des bras.

Le moyeu doit avoir une épaisseur suffisante pour assurer un calage énergique, la cote maximum se retrouve sur les locomotives à cylindres intérieurs la largeur du moyeu n'étant pas limitée vers le dehors par la nécessité de

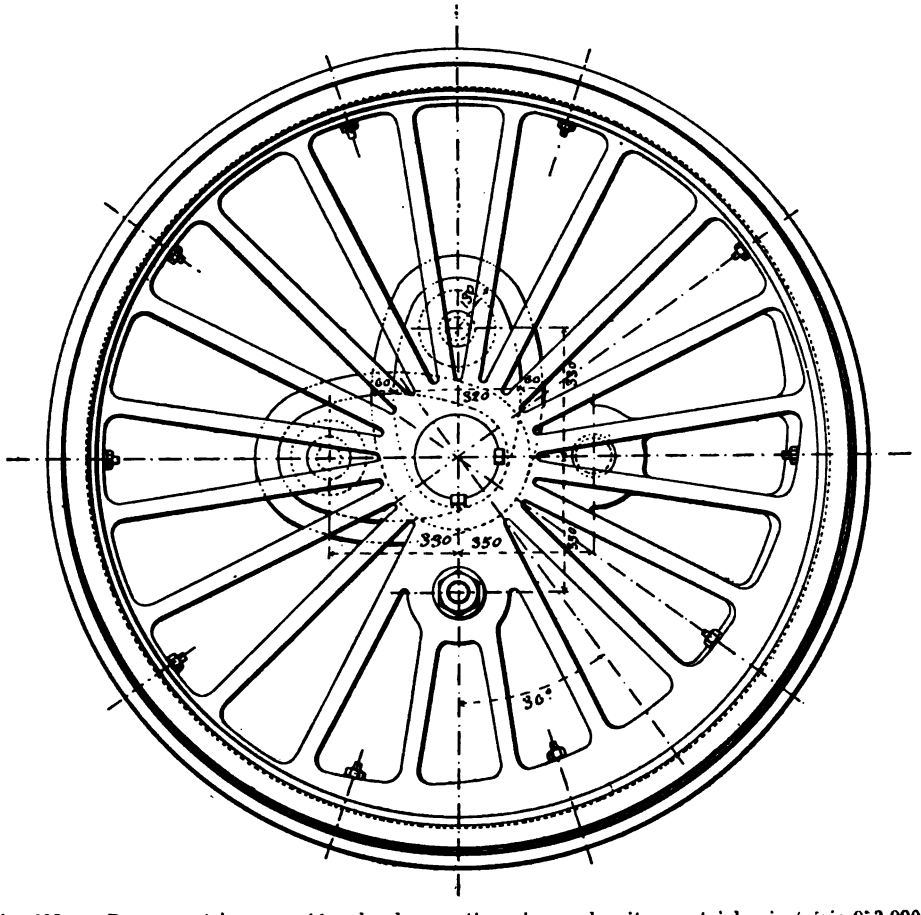


Fig. 692. — Roues motrices montées des locomotives à grande vitesse et à bogie (série 953-990 des *Chemins de fer de l'Ouest*. (Élévation.)

réduire l'entraxe des cylindres, elle atteint alors jusqu'à 0,200 m. (mach. à bogie de la Compagnie de l'*Ouest;* série 951-990). Quand les longerons sont intérieurs, le moyeu doit être déporté vers le dehors (fig. 691) afin de permettre de donner aux fusées une longueur suffisante. Dans les locomotives à cylindres extérieurs, la largeur du moyeu ne peut guère dépasser 0,180, encore est-ce là une cote exceptionnelle correspondant à un entraxe de 2,13 m. (*Est*, mach. du type 800), le plus souvent on se contente d'une largeur de 0,170 m. (Mach. compound à quatre cylindres et à grande vitesse des Compagnies du *Nord* et de *P.-L.-M.*).

Digitized by Google

Le diamètre doit être suffisant pour que le moyeu puisse résister sans fatigue à la pression de calage, il est ordinairement le double du diamètre de l'essieu au calage ; dans les locomotives ayant des roues en fer forgé, ce diamètre doit être augmenté en vue d'assurer une surface suffisante pour la soudure des bras, le moyeu étant constitué par la réunion des bras compor-

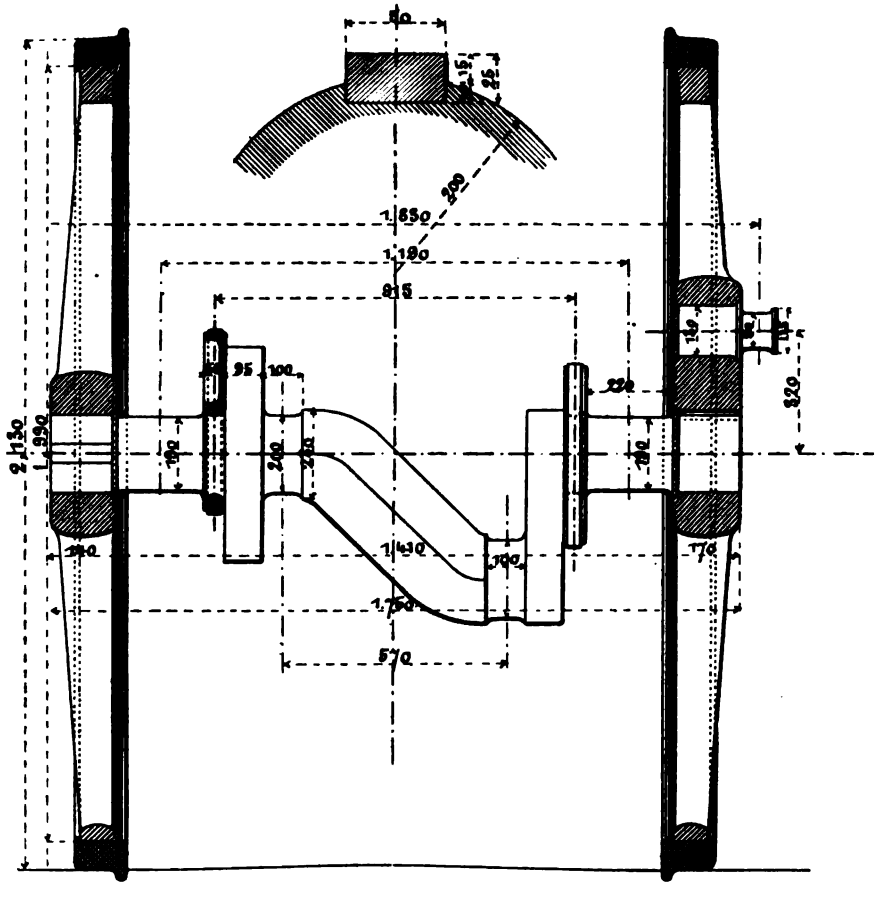


Fig. 693. — Roues motrices montées (cylindres B. P.) des locomotives compound à grande vitesse (série 2138-2157) du *Chemin de fer du Nord*. (Essieu spécial type 123.) (Coupe transversale.)

tant à leur extrémité une surépaisseur de chaque côté. Quand, au contraire, les roues sont en métal fondu, on peut leur donner un diamètre moindre d'autant plus que les moyeux peuvent recevoir une forme rationnelle et comporte une saillie médiane formant renfort (fig. 707-708).

Les bras sont de section rectangulaire quand ils sont en fer forgé, de section elliptique quand ils sont en fer étampé ou en métal fondu ; leur section croît de la jante au moyeu, surtout par l'augmentation de leur largeur puisqu'ils doivent se rattacher au moyeu, beaucoup plus large que la jante.

Digitized by Google

La face interne des bras est ordinairement verticale et leur face externe inclinée (fig. 691) à cause du déport du moyeu.

Les deux diamètres des sections elliptiques des bras sont ordinairement de 0,040 m. à 0,042 m. sur 0,085 m. près de la jante, de 0,045 m. sur

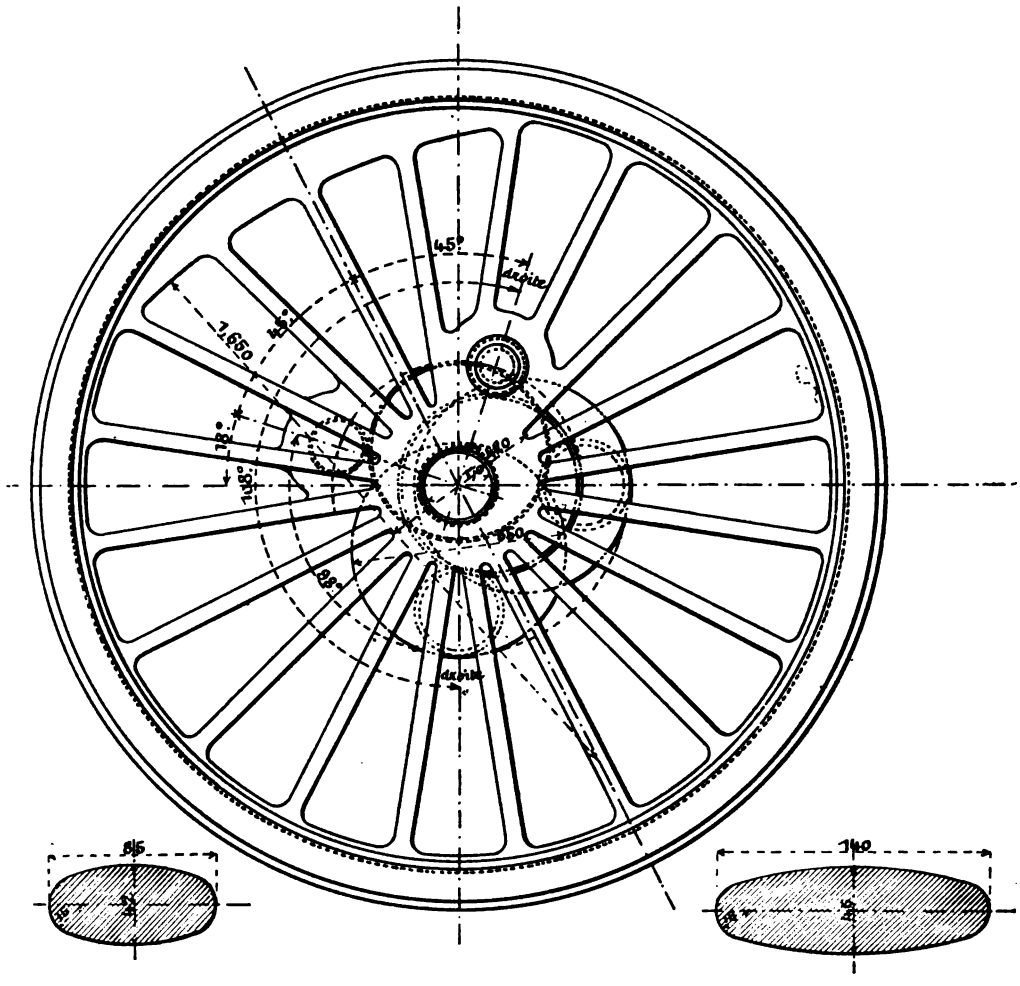


Fig. 694. — Roues motriées montées (cylindres B. P.) des locomotives compound à grande vitesse (série 2138-2157) du *Chemin de fer du Nord*. (Essieu spécial type 123.) (Élévation.)

0,120 m. à 0,140 m,, respectivement, au moyeu, pour les roues motrices et accouplées de grand diamètre confectionnées en fer matricé. Dans les roues en acier moulé les échantillons sont souvent un peu plus forts bien que le métal ne soit pas moins résistant, au contraire ; sur les machines anglaises on relève les moyennes suivantes : petit diamètre à la jante 0,044 m., au moyeu 0,052 m. à 0,055 m. ; grand diamètre, à la jante 0,095 m. à 0,101 m., au moyeu 0,120 m. à 0,130 m.

Digitized by Google

Les roues en fonte des locomotives américaines ont des bras très massifs ; leur épaisseur atteint 0,058 m. et leur largeur 0,105 m. à la jante ; au moyeu, ces cotes sont respectivement en moyenne de 0,065 et 0,165 m.

Le nombre des bras est fonction du diamètre, car on admet que leur écartement à la jante doit être sensiblement constant pour toutes les roues. Généralement le nombre des bras est, à une unité près, égal au nombre de décimètres contenus dans le diamètre de la roue de la jante. Ainsi, les roues des express de Compagnie du *Nord*, de l'*Est*, de l'*Ouest* et de *P.-L.-M.* qui ont des diamètres à la jante compris entre 1,86 m. et 1,99 m., comportent toutes 20 bras. Pour les roues porteuses ou accouplées de petit diamètre, on suit la même règle, mais on augmente généralement d'une unité le nombre des bras : une roue de 1,10 m. de diamètre à la jante par exemple comportera 12 bras.

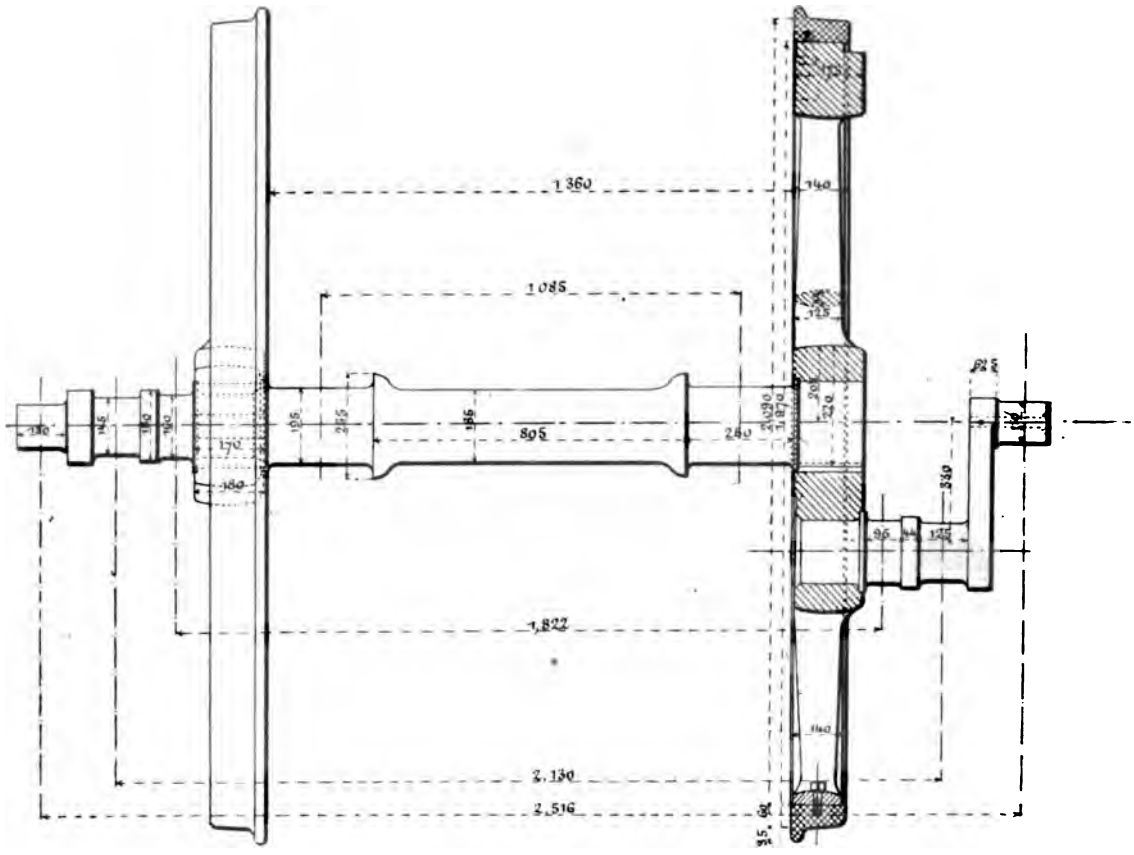


Fig. 695. — Roues motrices montées des locomotives à grande vitesse et à bogie (série 801-840) des *Chemins de fer de l'Est*. (Coupe transversale.)

La largeur de la jante est peu variable quel que soit le diamètre des roues. En France, cette largeur varie en règle générale de 0,120 m. à 0,130 m.,

Digitized by Google

mais elle peut descendre au-dessous de la première cote pour quelques machines ayant seulement des bandages de 0,130 m. de largeur (Compagnie du *Nord*) ou lorsqu'on emploie certains modes d'attache à agrafes pour les bandages. Les jantes des machines anglaises, plus étroites, ont ordinairement 0,110 de largeur.

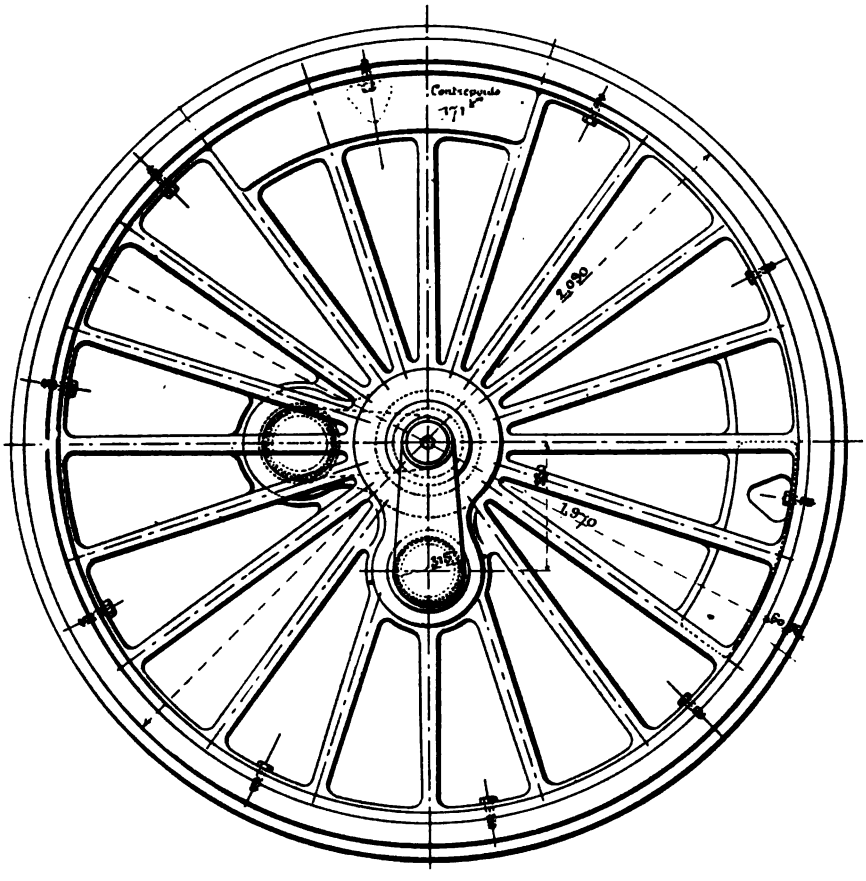


Fig. 696. — Roues motrices montées des locomotives à grande vitesse et à bogie (série 801-840) des *Chemins de fer de l'Est*. (Élévation.)

On doit recommander de ne pas trop réduire l'épaisseur des jantes, ce qui permet de conserver sur les roues des bandages usés jusqu'à la dernière limite. Si les jantes sont faibles, on doit compter sur le bandage pour assurer la résistance nécessaire à la roue : ces jantes se fendent parfois en plusieurs points et le bandage agit comme une frette ; on peut parfaitement marcher dans ces conditions, mais on est alors obligé de retirer les bandages avant que leur réduction d'épaisseur par usure ne soit poussée aussi loin qu'il serait possible dans d'autres conditions. Une épaisseur de 50 mm. au milieu est suffisante, avec le fer forgé, pour assurer à la jante la solidité voulue pour répondre au desideratum exprimé plus haut.

Digitized by Google

L'épaisseur des jantes varie, sur les machines françaises, entre 0,025 m. et 0,040 m. au bord, entre 0,038 m. et 0,046 m. au milieu ; dans les machines modernes ayant des charges de 15 à 17 tonnes par essieu on ne descend guère au-dessous de 0,030 m. et 0,040 m. au bord. Dans les roues en acier

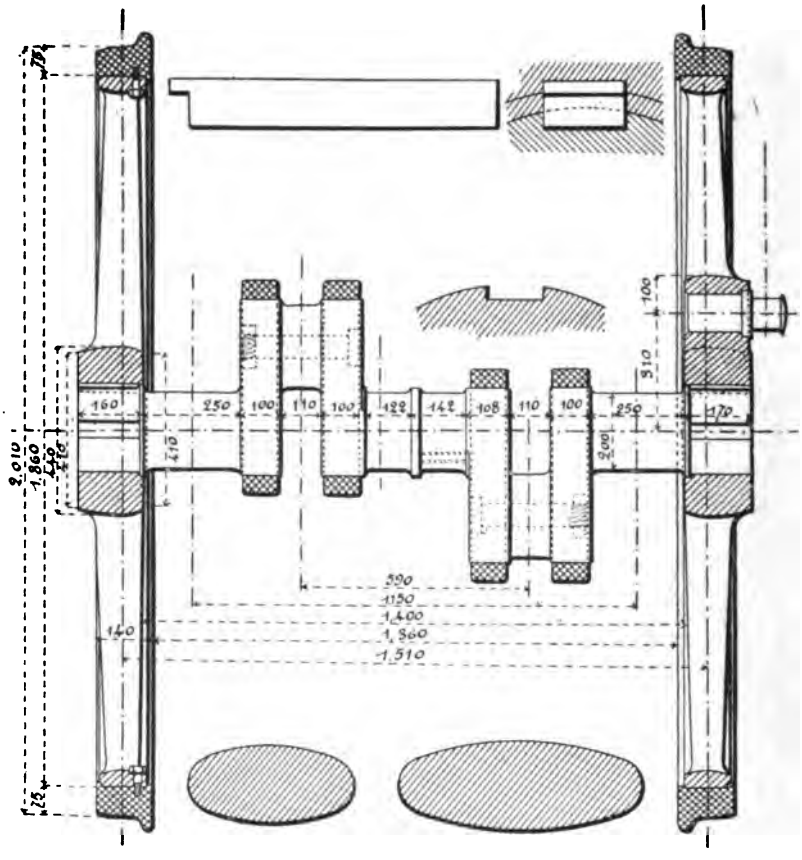


Fig. 697. — Roues motrices montées des locomotives compound à grande vitesse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.* (Coupe transversale.)

moulé des machines anglaises, l'épaisseur des jantes est en moyenne de 0,044 m. sur le bord et de 0,055 m. au milieu. Dans les roues en fonte des locomotives américaines, cette épaisseur est de 0,054 m. au moins sur les bords et de 0,110 m. au milieu qui comporte un boudin intérieur de renfort.

Aujourd'hui, on fait venir toujours de forge ou de fonte les contrepoids avec les jantes des roues en leur donnant quand on le peut, c'est-à-dire pour les roues de grand diamètre dont le développement le permet, la forme en croissant que l'on trouvera figures 692, 694. Cette disposition présente les avantages suivants : elle répartit le contrepoids sur une plus grande longueur de la circonférence et diminue la fatigue locale due à l'action de la force cen-

Digitized by Google

trifuge. Elle constitue, sur toute la portion de jante (parfois plus du tiers de la circonférence) où elle règne, un renfort très appréciable. Elle facilite l'opération du forgeage ou de la fonderie et permet d'obtenir des pièces plus saines et soumises, pendant le refroidissement, à un retrait plus régulier et

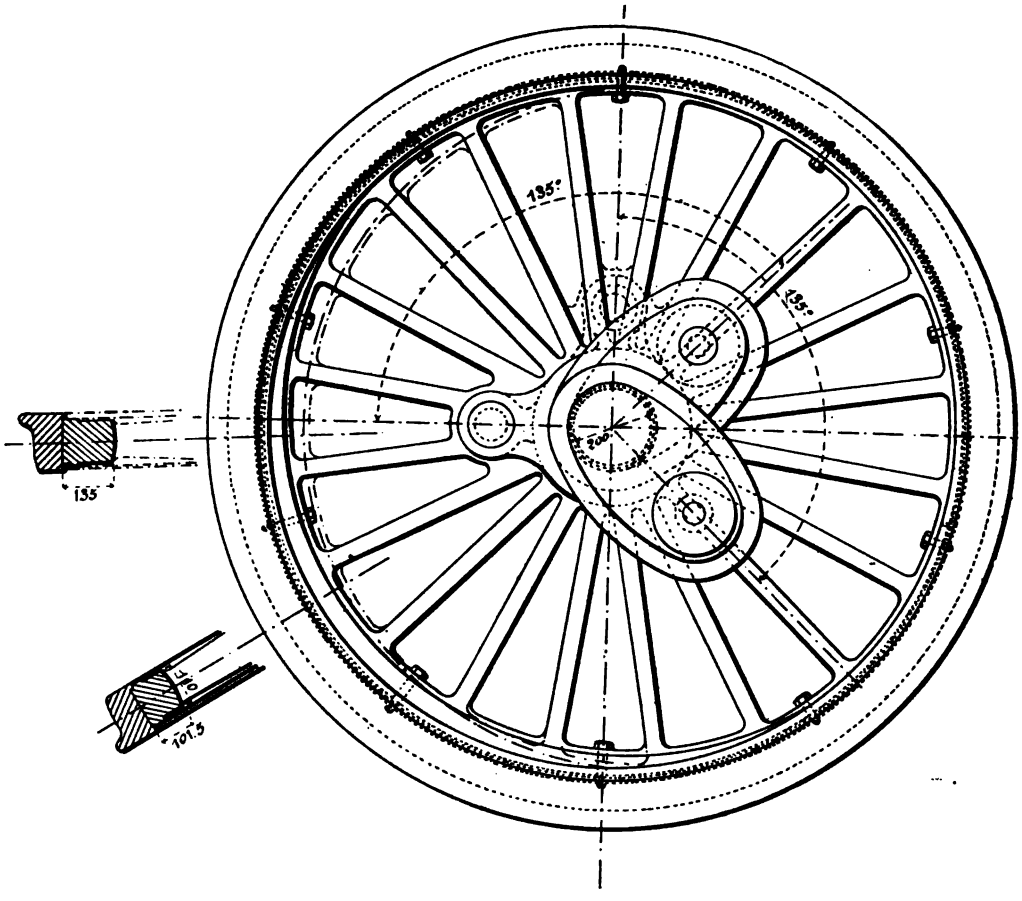


Fig. 698. — Roues motrices montées des locomotives compound à grande vitesse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.* (Coupe longitudinale suivant le milieu du tourillon moteur de droite.)

moins capable de développer des efforts internes, argument dont la valeur est surtout grande pour les roues en métal fondu.

On emploie parfois aussi, pour les roues porteuses des machines et des tenders, des centres pleins formés d'une toile en fer matricé renforcé le plus souvent de nervures placées du côté intérieur (*P. O.; État*) (fig. 706), ou en acier moulé, roues de bogies (*North British; London and South Western;* plusieurs réseaux américains), ou même en fonte (locomotives américaines). Le *Great Western Railway* a appliqué, depuis 1895, des roues Mansell, à centres en bois, aux bogies de ces nouvelles locomotives à six roues accouplées et aux tenders.

Digitized by Google

Les roues pleines ont l'avantage d'être de fabrication peu coûteuse et de présenter une grande solidité ; en outre elles soulèvent moins de poussière parce quelles ne ventilent pas la voie comme les roues à rayons, ce peut

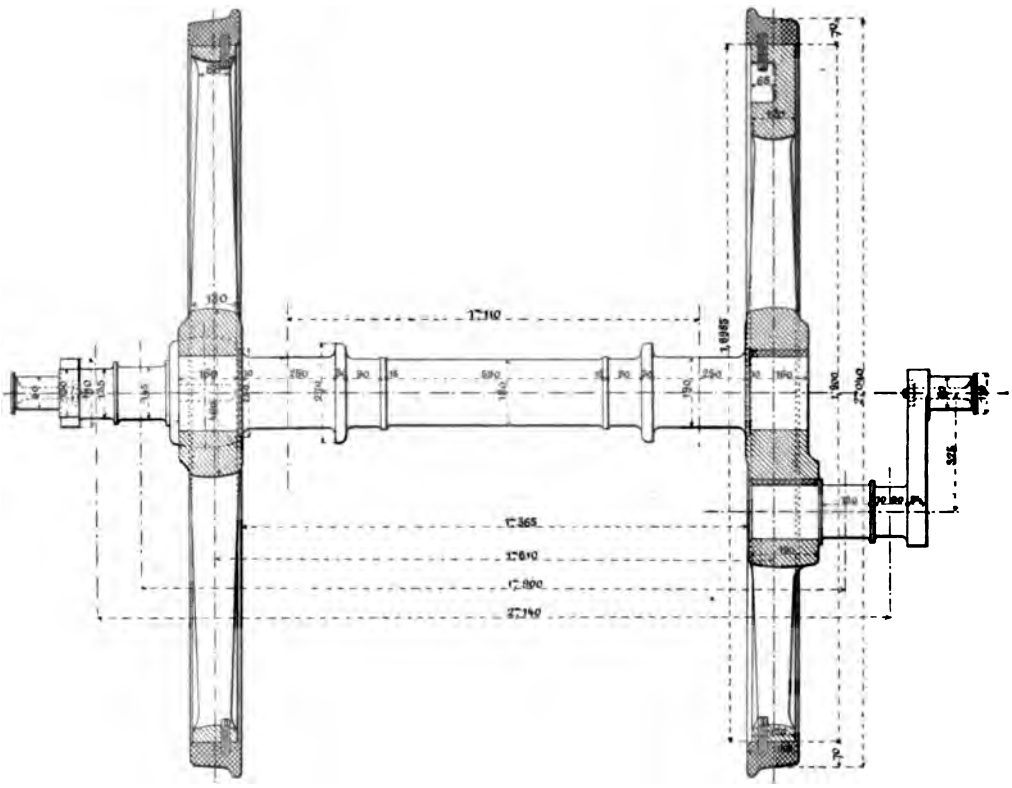


Fig. 699. — Roues motrices montées des locomotives à grande vitesse (séries 77 à 86 ; 265 à 400) du *Chemin de fer d'Orléans*. (Coupe transversale.)

être un avantage pour les roues avant des locomotives. D'autre part, elles rendent les boîtes à huile intérieures moins accessibles, leur emploi pour cette raison est surtout recommandable lorsque les fusées sont extérieures.

Les roues en fonte sont usitées aux États-Unis, pour la presque totalité des locomotives de toutes classes, c'est seulement depuis quelques années que l'acier moulé commence à être employé, sur une échelle encore assez modeste, et surtout pour les locomotives à grande vitesse. On en trouvera un exemple figure 708.

La seule application importante de roues en fonte, en Europe, a été faite par M. W. Webb sur le *London and North Western Ry* où toutes les machines de gare, les locomotives à marchandises destinées au service des trains de houille, construites depuis 1879, et leurs tenders ont reçu des roues de ce genre. La jante a une section à U dont les ailes verticales se rac-

Digitized by Google

cordent avec celles du bras offrant une section à I. Ces roues comportent un bandage rapporté, en acier, maintenu par des vis radiales ; elles ont toujours donné satisfaction.

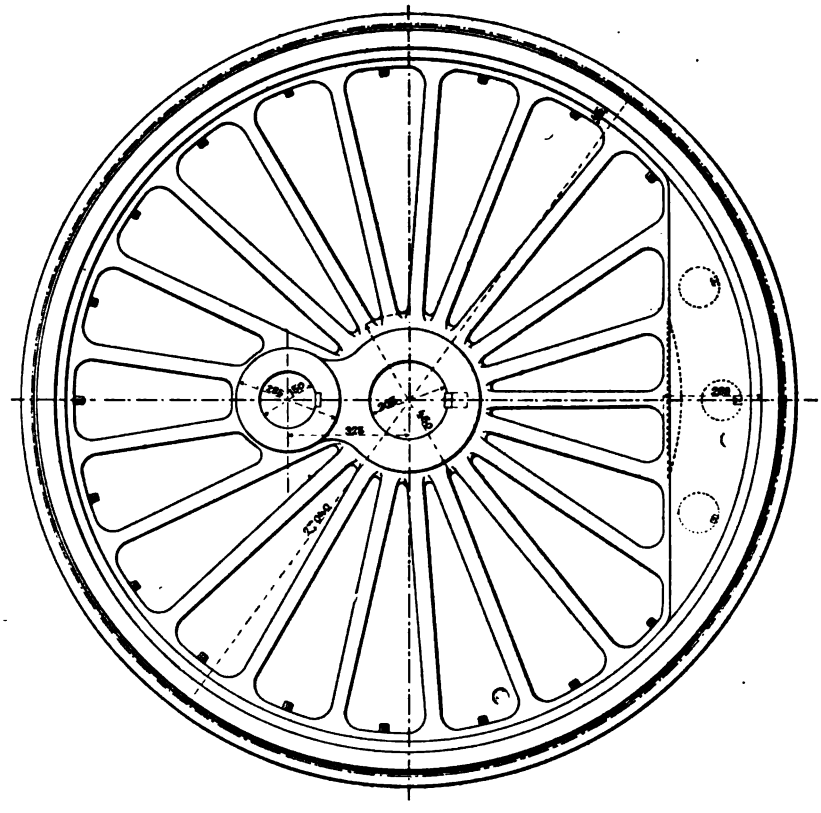


Fig. 700. — Roues motrices montées des locomotives à grande vitesse (séries 77 à 86 ; 265 à 400) du *Chemin fer d'Orléans*. (Élévation.)

312. Calage des roues sur les essieux. — Les roues des locomotives et des tenders sont calées à la presse hydraulique sur leurs essieux sous une pression qui dépend de la différence de diamètre existant entre l'alésage du moyeu et l'extérieur de la portée de calage, de la nature du métal constituant le moyeu, de la rigidité de la roue, qui varie avec son diamètre, avec celui du moyeu, avec la disposition des bras et des contrepoids, l'épaisseur de la jante, etc., suivant que l'opération est faite à sec comme en Angleterre ou avec graissage des surfaces comme en France.

Les portées de calage recevant les roues doivent être parfaitement cylindriques, sans aucun cône d'entrée ; les fusées planées et rodées avec soin ; les congés réguliers et bien raccordés. Après tournage, les essieux ne doivent pas présenter de faux-rond supérieur à 3 ou 4 mm. en aucun point de leur surface brute. Il convient que les centres aient au moins 20 mm. de profondeur et soient conservés aux deux extrémités de l'essieu fini.

Digitized by Google

Les axes de ces centres doivent coïncider entre eux et avec l'axe des parties tournées.

Le serrage nécessaire pour obtenir la pression de calage doit, autant que possible, être donné par l'essieu, de façon que la cote d'alésage des corps de roues reste fixe.

Ordinairement on donne des serrages voisins des chiffres ci-après exprimant la différence de diamètre entre la portée de calage et l'alésage du moyeu :

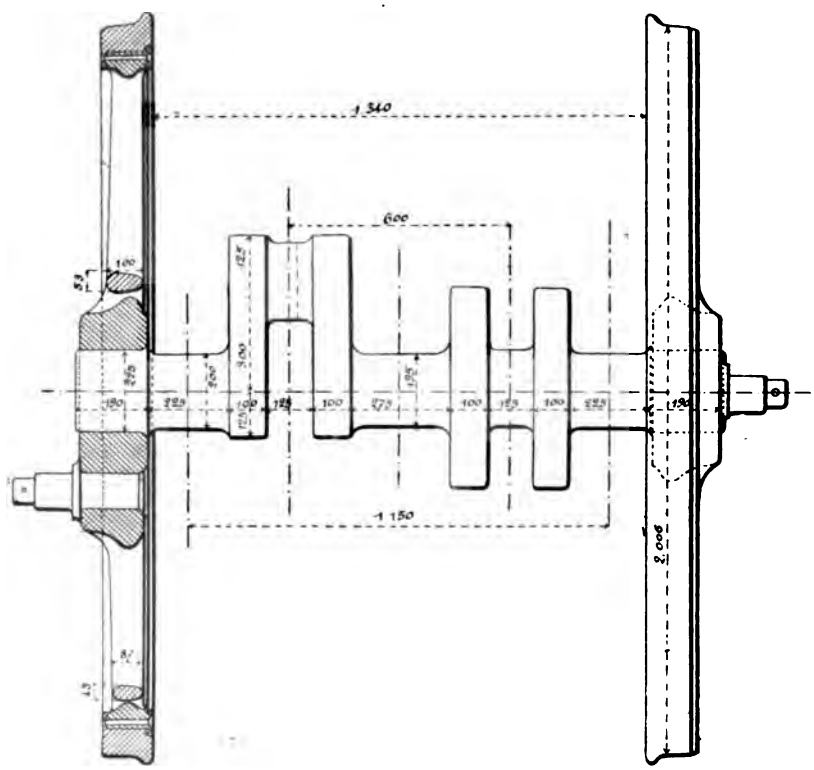


Fig. 701. — Roues motrices montées des locomotives à grande vitesse (série F) du *North Eastern Ry.* — Roues en acier moulé ; essieu Worsdell.

			De 150 à 170 millim.	De 171 à 190 millim.	De 191 à 220 millim.	De 221 mm. et au-dessus.
Serrage exprimé en millimètres pour :	DIAMÈTRE d'alésage du moyeu.					
	Roues en fer.	neuves. . .	0,20	0,30	0,35	0,35
		anciennes .	0,15	0,25	0,30	0,30

Les surfaces de calage ne doivent présenter aucune bavure ni défaut et sont enduites de suif. Au cours de l'opération, l'essieu doit rester parfaite-

Digitized by Google

ment normal au corps de roue et dans le même axe que le piston de la presse.

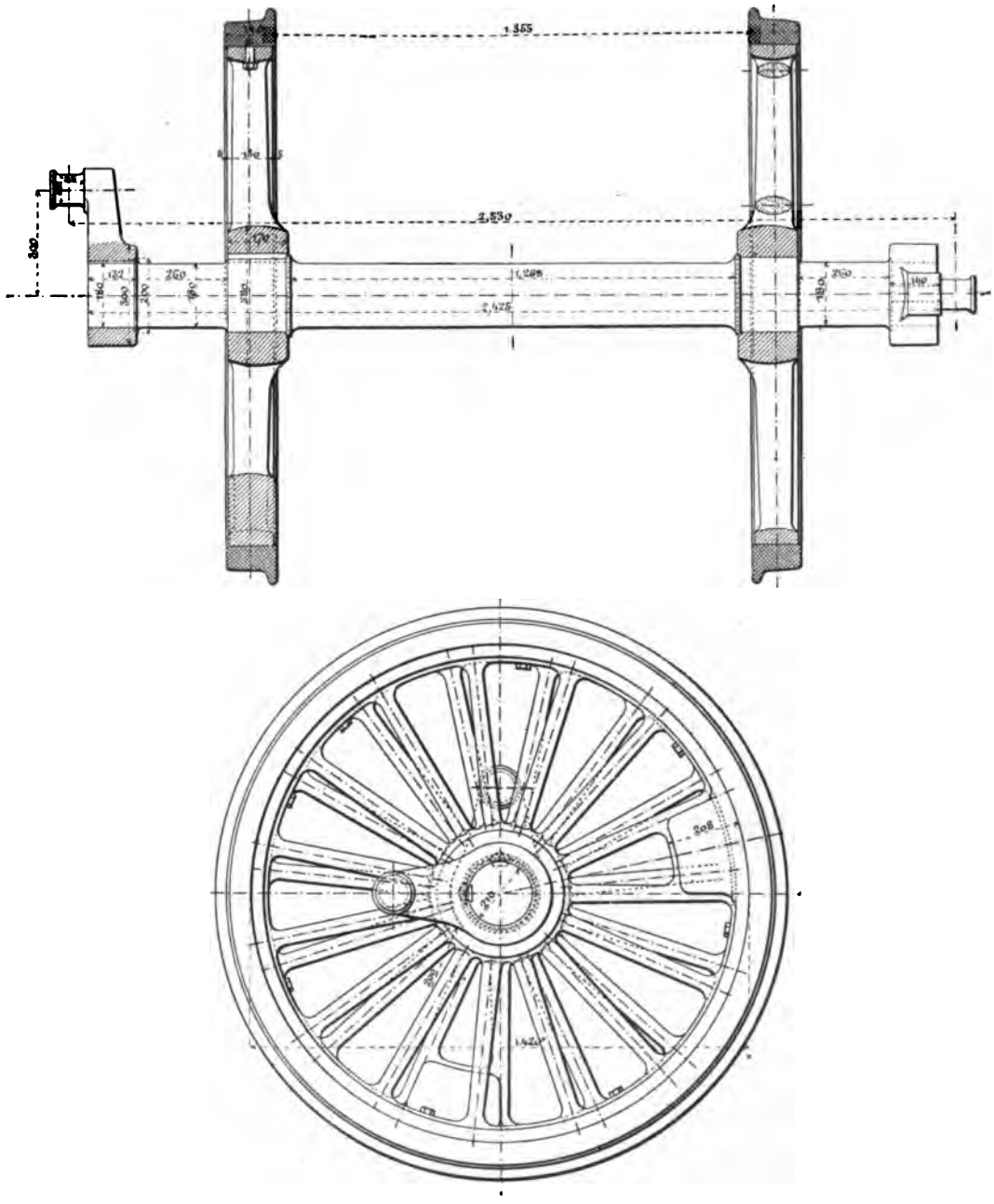


Fig. 702. — Roues accouplées avant et arrière, montées, des locomotives-tender de banlieue (613 à 742) de la *Compagnie de l'Est*.

Le tableau suivant, emprunté à une note de la Compagnie de l'*Est*, indique, par diamètre et nature de métal du moyeu, les pressions de calage maxima

Digitized by Google

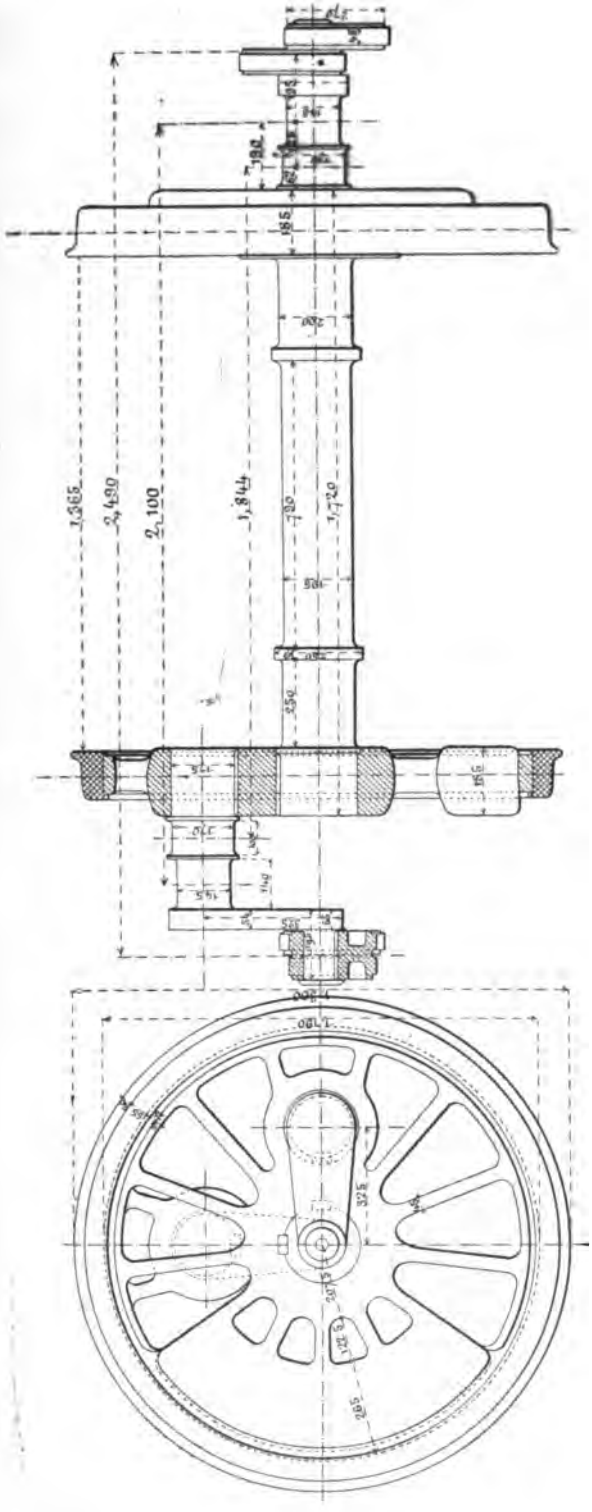


Fig. 703. — Essieu moteur monté des locomotives à marchandises à huit roues accouplées (4046 à 4120) de la *Compagnie du Nord*.

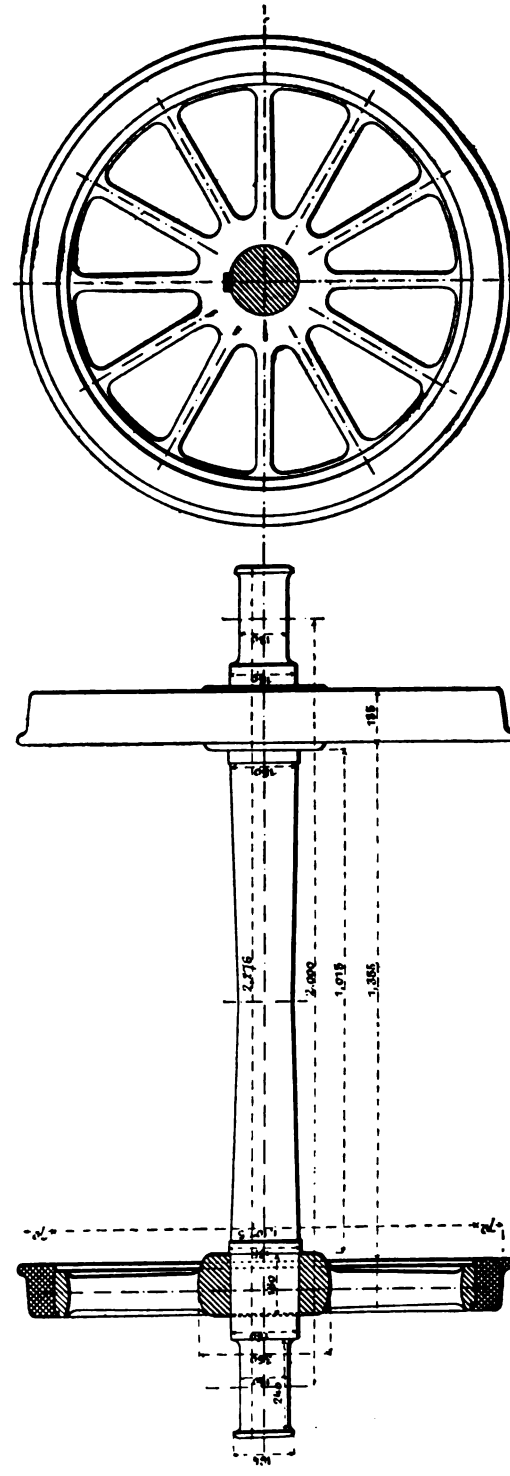


Fig. 704. — Roues porteuses (bogie) des locomotives compound à grande vitesse de la *Compagnie du Nord* (série 2121-2157).

Digitized by Google

et minima en dehors desquelles l'opération doit être considérée comme défectueuse :

DIAMÈTRE des portées.	PRESSION DE CALAGE			PRESSION CORRESPONDANTE en kilogrammes par centimètre carré pour un piston de 363 cm² de section.		
	MINIMUM	MAXIMUM		MINIMUM	MAXIMUM	
		Moyeux en fonte.	Moyeux en fer.		Moyeux en fer.	Moyeux en fonte.
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
100 à 125 mm.	22 000	27 000	33 000	61	74	91
126 à 150 —	25 000	32 000	40 000	69	88	110
151 à 175 —	30 000	37 000	45 000	83	102	124
176 à 200 —	35 000	42 000	50 000	96	116	138
201 à 250 —	40 000	50 000	60 000	110	138	165
251 à 300 —	50 000	60 000	80 000	138	165	220

Les Chemins de fer de l'*Etat français* stipulent que la pression de calage sera de 80 t. au moins.

En Angleterre, on donne un serrage tel que la pression de calage soit d'environ 12 t. par pouce de diamètre (0,0254 m.) de la portée, ce qui porte la pression totale à exercer entre 100 et 110 t. pour les essieux de diamètres usuels. L'emmanchement se fait sans graissage.

L'assemblage est complété par une clavette en acier, de section rectangulaire, ayant généralement de 0,30 m. à 0,50 m. de largeur sur environ 0,25 m. d'épaisseur et encastrée de 7 à 10 mm. dans l'essieu. Cette clavette est chassée en place à la masse ou à la presse après le calage des roues. La Compagnie de l'*Est* emploie des clavettes demi-rondes de 0,063 de largeur et de 0,021 de hauteur au milieu, la partie plate s'encastrant de 0,007 dans la portée de l'essieu. La partie extérieure, circulaire, a 0,036 m. de rayon. Le serrage donné à ces clavettes est tel que leur emmanchement exige au moins vingt coups d'un mouton de 80 kg. lancé horizontalement par deux hommes sur une longueur de 1,50 à 2,00 m.

Les roues porteuses et les roues de tenders sont souvent calées sans clavetage.

313. Bandages. — Les bandages des locomotives agissent comme des frettes propres à la consolidation des roues ; en même temps, ils supportent l'usure due au frottement sur le rail ou contre les sabots de frein. Les roues sont en effet en fer forgé ou en acier doux et offrent une durée insuffisante pour résister longtemps à l'action du frottement ; en outre si le cercle de roulement faisait

Digitized by Google

corps avec la roue, celle-ci devrait être condamnée et mise au rebut avant terme, dès que cette usure serait devenue excessive. Le bandage rapporté,

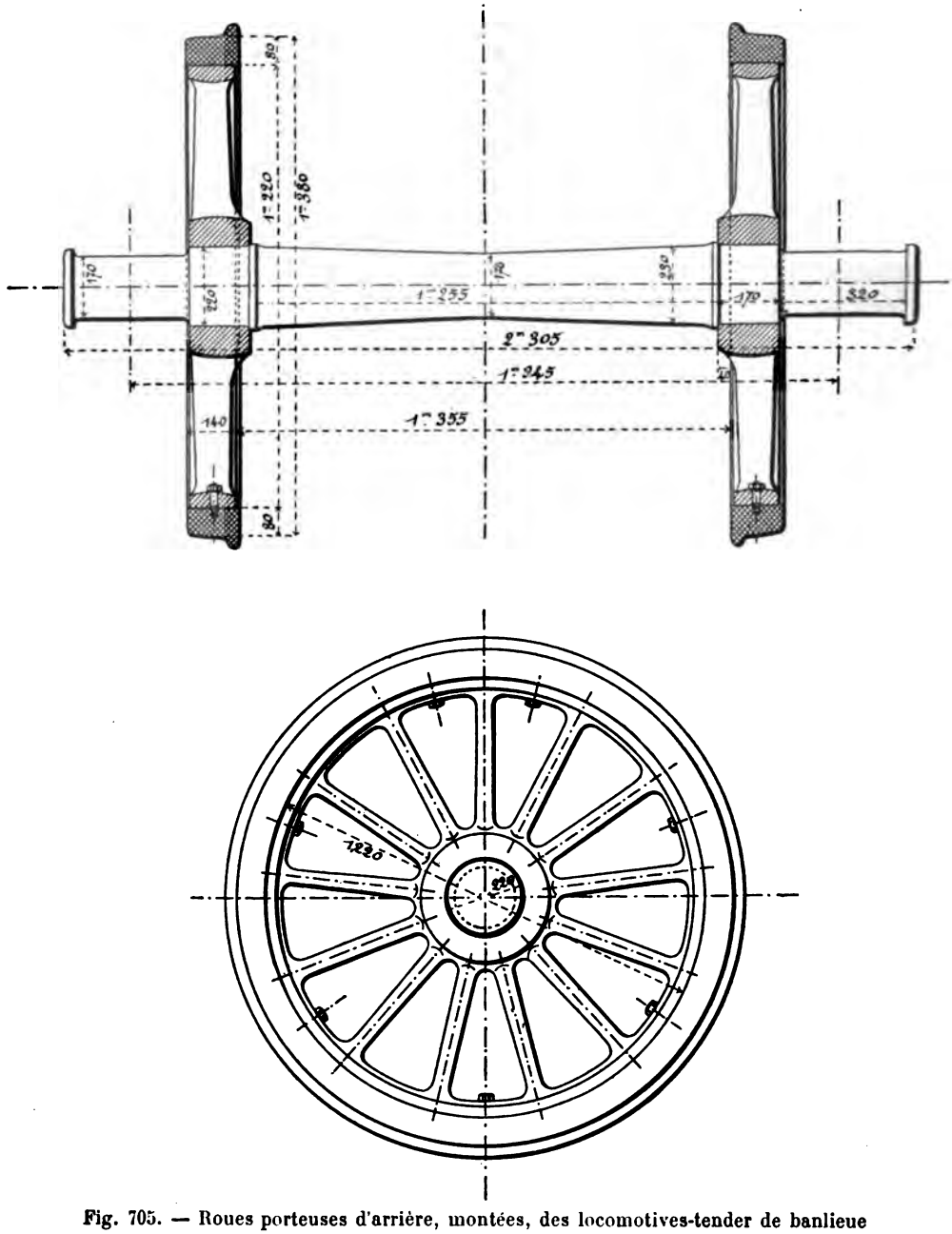


Fig. 705. — Roues porteuses d'arrière, montées, des locomotives-tender de banlieue de la *Compagnie de l'Est* (série 613 à 742).

en acier plus dur que la roue, assez facilement démontable et remplaçable, remédie à cet inconvénient.

Digitized by Google

Les bandages ne sont pas soudés ; ils sont obtenus par le laminage d'un disque solide percé en son milieu d'un trou de diamètre suffisant pour le passage d'un galet de laminage. L'opération se continue jusqu'à ce que le diamètre du bandage ait atteint la cote désirée. Le poids de la matière a été calculé de manière que le bandage ait alors l'épaisseur qu'il doit présenter à l'état brut.

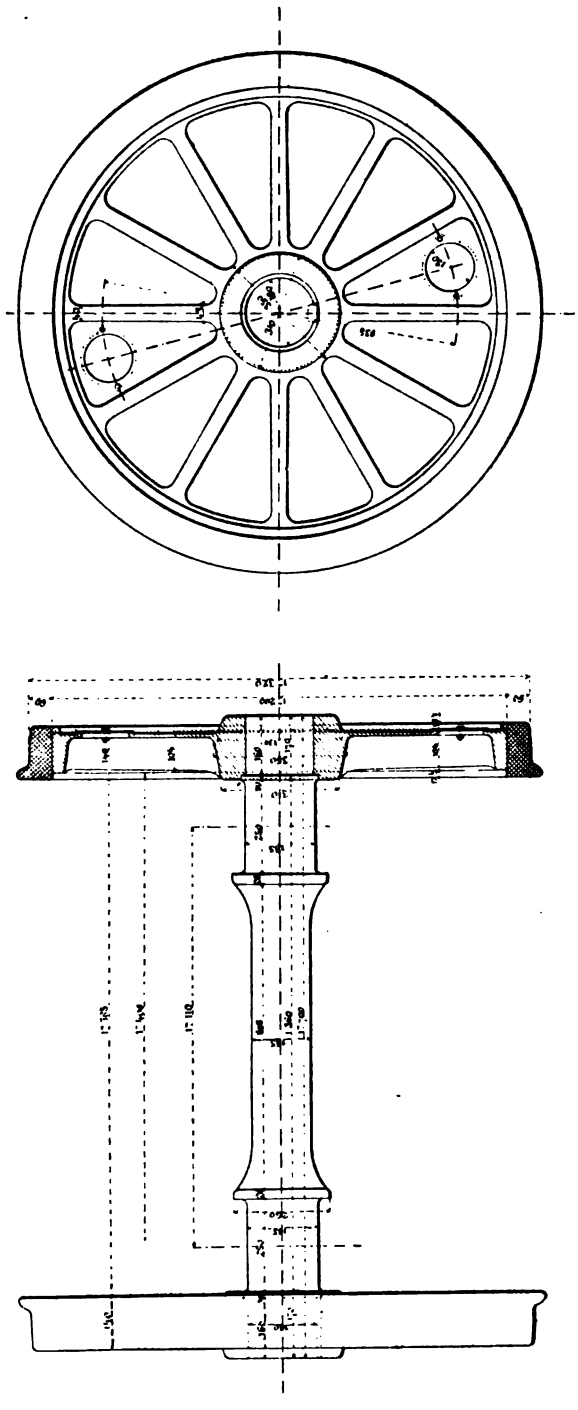


Fig. 706. — Roues porteuses montées, à centres pleins, des locomotives à grande vitesse (série 2602-2630 des *Chemins de fer de l'État français*).

En général, on a avantage à donner aux bandages une épaisseur assez grande pour qu'ils puissent supporter plusieurs tournages et offrir une durée suffisante pour ne pas nécessiter un remplacement trop fréquent. D'autre part, on est limité par la nécessité de ne pas trop augmenter le poids des roues montées et la charge sur rails. En outre, dans les locomotives à faible empattement et dans quelques types spéciaux, généralement anciens, les roues sont trop rapprochées pour que l'on puisse donner à leurs bandages une épaisseur supérieure à celle qui avait été prévue à l'origine. Aujourd'hui, chaque fois que la disposition de la machine le permet, on donne aux bandages une épaisseur de 70 à 80 mm. On réserve l'épaisseur de 50 à 55 mm. pour

Digitized by Google

les machines dont les roues sont trop rapprochées pour permettre l'emploi des bandages plus épais. En France la largeur des bandages est ordinairement de 0,140 m., en Angleterre, où le jeu sur la voie est moindre, on a pu ne donner aux bandages qu'une largeur de 0,120, ce qui permet de diminuer le poids des roues montées.

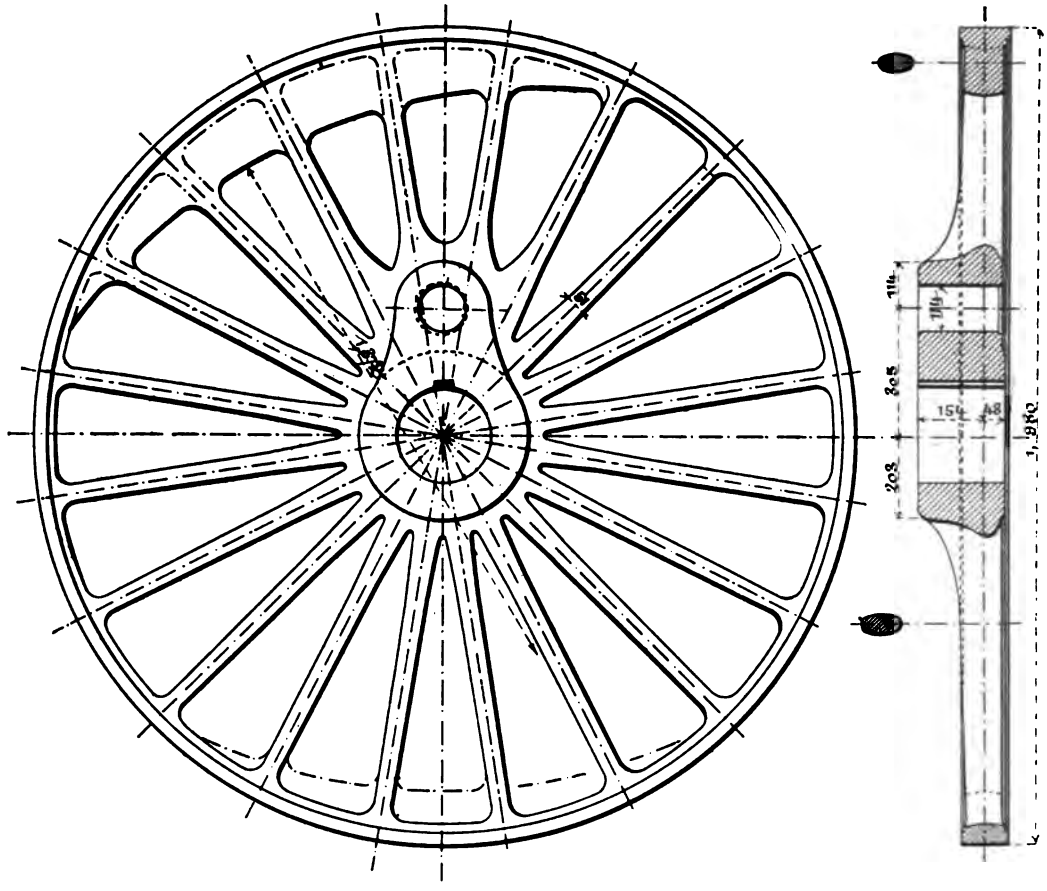


Fig. 707. — Roues motrices en acier moulé des locomotives à grande vitesse du *Great Eastern Ry.*

En France l'écartement intérieur des bandages varie entre 1,355 m. et 1,370 m.

Les figures 711 à 714 représentent quelques-uns des profils-types adoptés par différentes administrations. L'épaisseur du boudin varie de 30 à 35 mm., sa hauteur à l'état neuf de 26 à 35 mm. Les administrations françaises donnent maintenant, à moins d'impossibilité, aux boudins des roues intermédiaires, les dimensions rentrant dans celles admises par la conférence de Berne, tout au moins pour les roues des locomotives à marchandises, c'est-à-dire une largeur de 35 mm. à la base et une saillie de 30 mm.

Digitized by Google

Les bandages sont alésés intérieurement et tournés au dehors suivant le profil-type adopté par la Compagnie qui les emploie. La surface de roulement présente une légère conicité destinée à ramener autant que possible les roues montées dans l'axe de la voie et à augmenter le diamètre du cercle de roulement sur le rail extérieur dans les courbes, lequel a un plus grand développement. L'usure, toutefois, a vite fait disparaître cette conicité.

Les boudins sont surtout nécessaires pour les roues extrêmes; on les supprime quelquefois pour les roues intermédiaires, particulièrement aux États-Unis, afin de faciliter le passage en courbes (fig. 226 à 250). Les Compagnies de l'*Ouest* et du *Nord*, plusieurs Compagnies anglaises, l'*Etat belge*, etc., amincissent les boudins des roues motrices des locomotives à quatre roues accouplées, ce qui revient à peu près au même, mais avec une garantie de plus en cas de rupture des boudins des roues arrière [fig. 711 (3) à (6); 713 (5) et (6)].

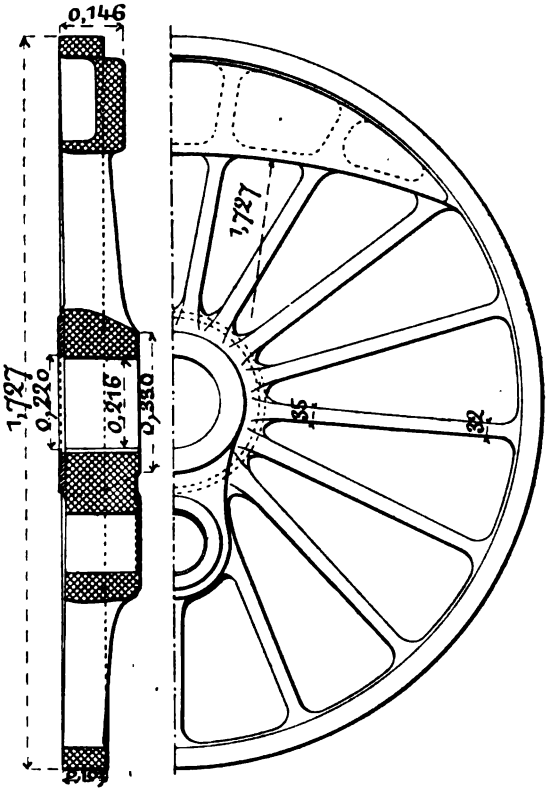


Fig. 708. — Corps de roues motrices en acier moulé (*Illinois Central Railroad*).

Le mode de fixation des bandages offre une grande diversité; mais, quel que soit le système adopté, la tenue du bandage est surtout effectuée par son embattage à chaud sur la jante de la roue, les autres fixations n'ayant qu'un but de sécurité et se trouvant destinées à agir au cas où le bandage viendrait à se relâcher. Le bandage est alésé à un diamètre inférieur de 1/1.000e environ à celui de la jante tournée extérieurement, puis chauffé à une température inférieure au rouge le plus sombre, et mis en place sur la roue; par refroidissement, le bandage vient serrer énergiquement la jante et s'y applique avec force. On pourrait craindre, si le bandage n'était pas autrement maintenu, qu'il puisse se déplacer latéralement à la longue sous l'action des chocs transversaux des boudins avec les rails, surtout après que l'action du roulement l'aurait étiré et allongé. Aussi complète-t-on tou-

Digitized by Google

jours son attache par des dispositifs très divers dont nous examinerons les principaux types.

Du côté extérieur, le plus fatigué, celui qui doit résister aux réactions

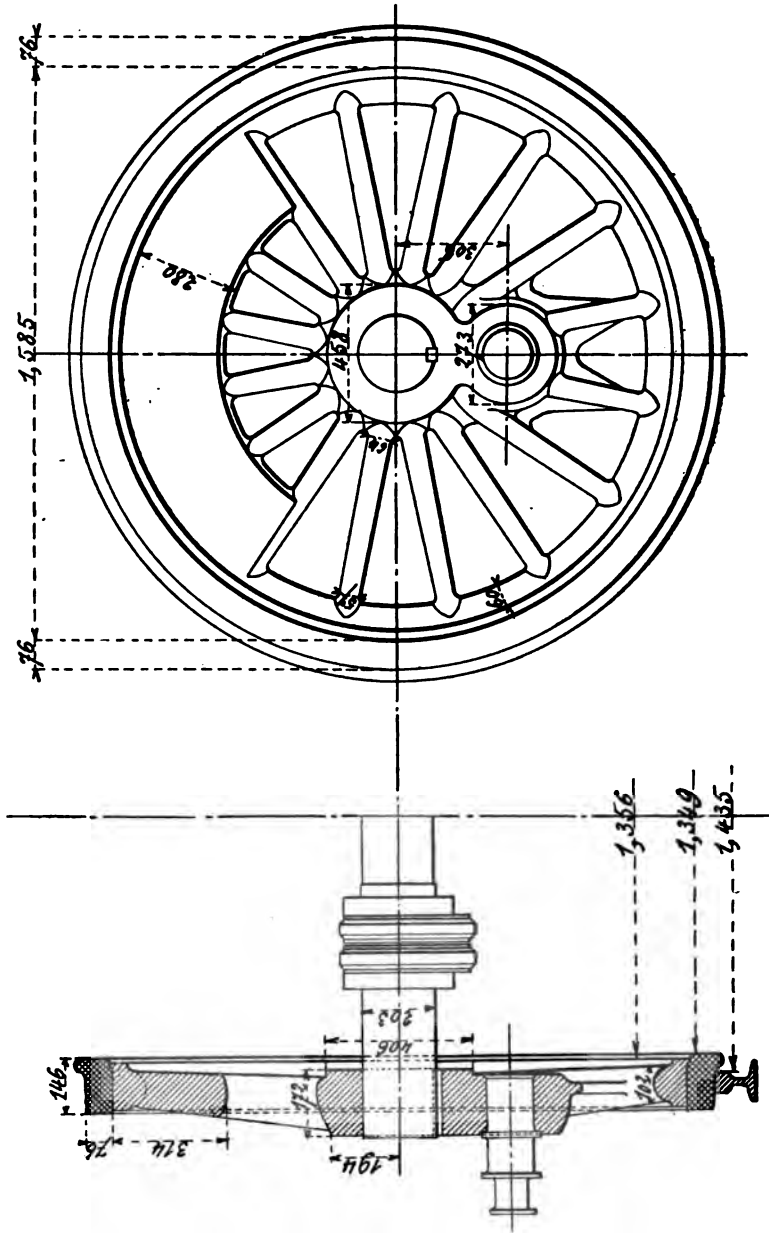


Fig. 709. — Type de roue motrice en fonte pour locomotive américaine.

transversales de la voie lorsque les boudins viennent frapper les rails, le bandage butte contre un épaulement ménagé dans la jante de la roue lors de son tournage.

Digitized by Google

Les principales attaches de bandages se rapportent à quatre types principaux présentant eux-mêmes des variantes nombreuses, savoir :

1° *Attaches par des vis disposées radialement* (fig. 711) (2) (4); 713 (5); 714) de distance en distance et mises par l'intérieur de la roue dont elles traversent la jante et une portion du bandage, ce dernier d'une quantité inférieure à l'épaisseur minimum que doit avoir le bandage avant son retrait du

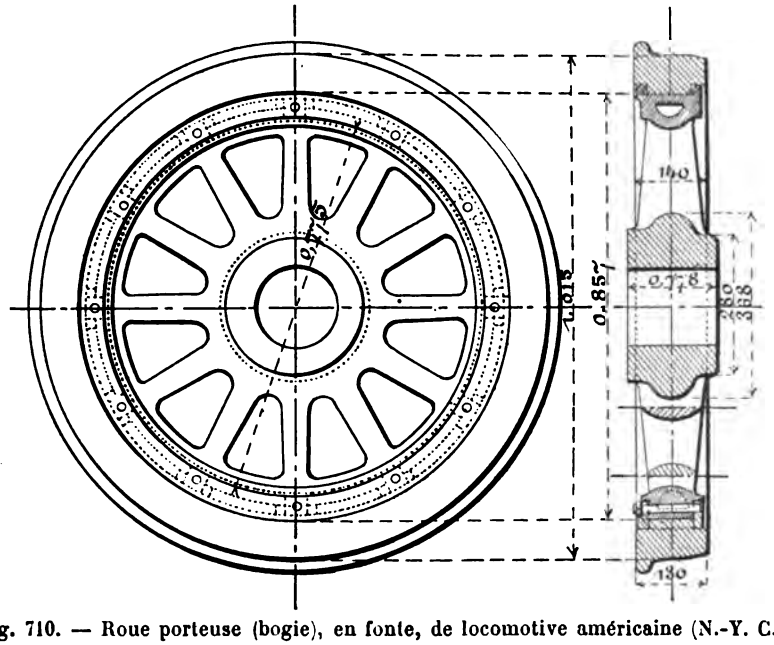


Fig. 710. — Roue porteuse (bogie), en fonte, de locomotive américaine (N.-Y. C.).

service afin qu'elle ne débouche jamais sur le roulement. C'est la disposition adoptée autrefois par toutes les administrations et encore usitée par les Compagnies de l'*Ouest*, de l'*Est*, de *P.-L.-M.* et d'*Orléans*, par celles du *Brighton*, du *Midland*, etc. Dans la disposition de la Compagnie de l'*Ouest*, pour diminuer le diamètre du trou percé dans le bandage, celui-ci n'est pas taraudé et ne reçoit qu'un talon de 18 mm. de diamètre ménagé à l'extrémité postérieure de la vis dont le filetage ne dépasse pas le bandage (fig. 711) (4).

Cette disposition a pour elle sa simplicité et une grande facilité d'ajustage. On lui reproche d'affaiblir les bandages dans lesquels les trous des vis peuvent déterminer des lignes de moindre résistance. On commence à l'abandenner un peu partout; déjà les Compagnies de l'*Ouest* et de l'*Est* ont étudié l'application d'un autre type de fixation de bandage aux dernières constructions.

2° *Attaches par agrafes rapportées tenues par des boulons transversaux traversant la jante* (type Mansell), disposition adoptée par la Compagnie

Digitized by Google

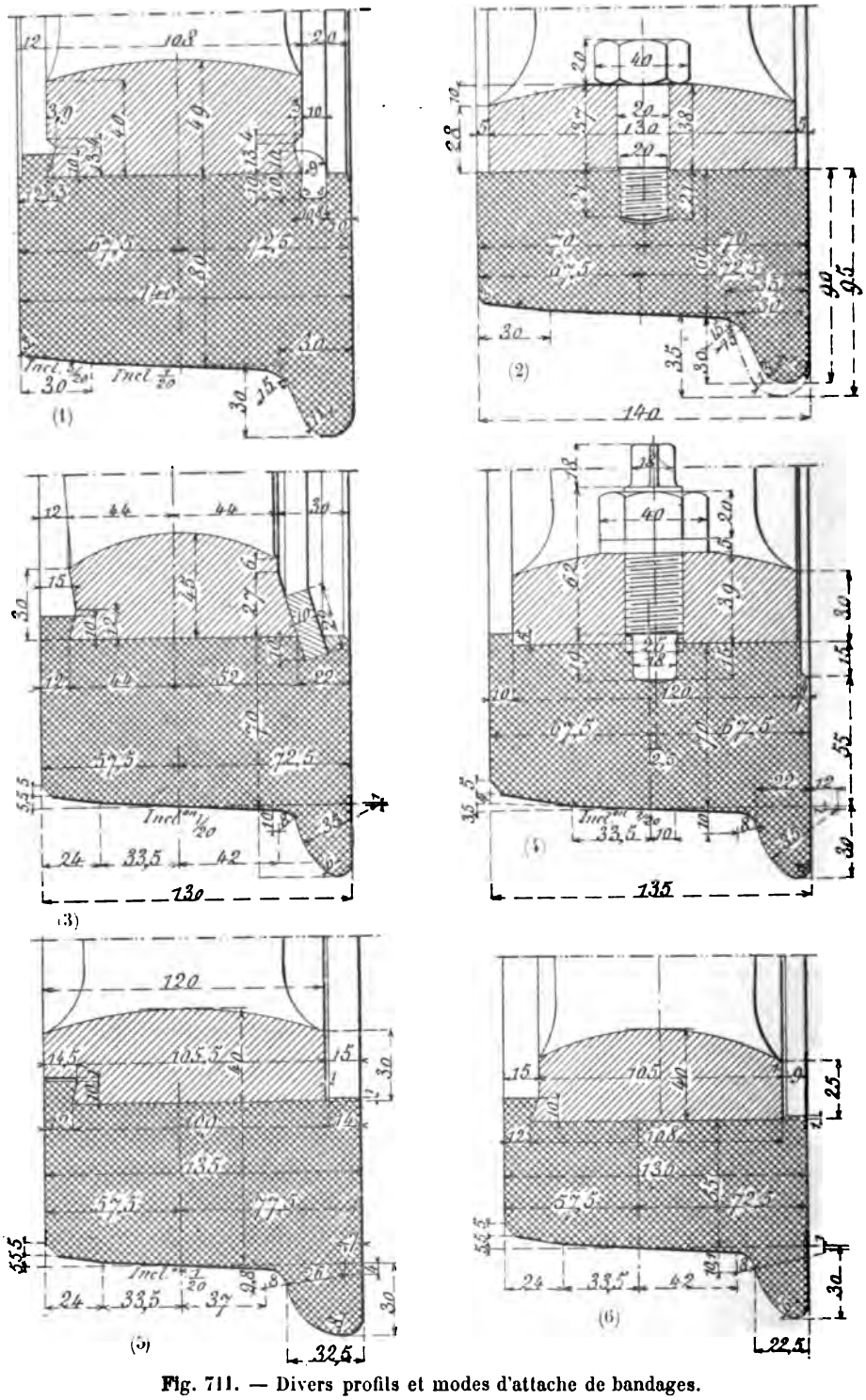


Fig. 711. — Divers profils et modes d'attache de bandages.

(1) *Est* nouveau type ; (2) *Est* ancien type ; (3) *Nord ;* (4) *Ouest* type normal, roues motrices (5 et 6) *Nord ;* roues motrices et accouplées, avec attache Salmon.

Digitized by Google

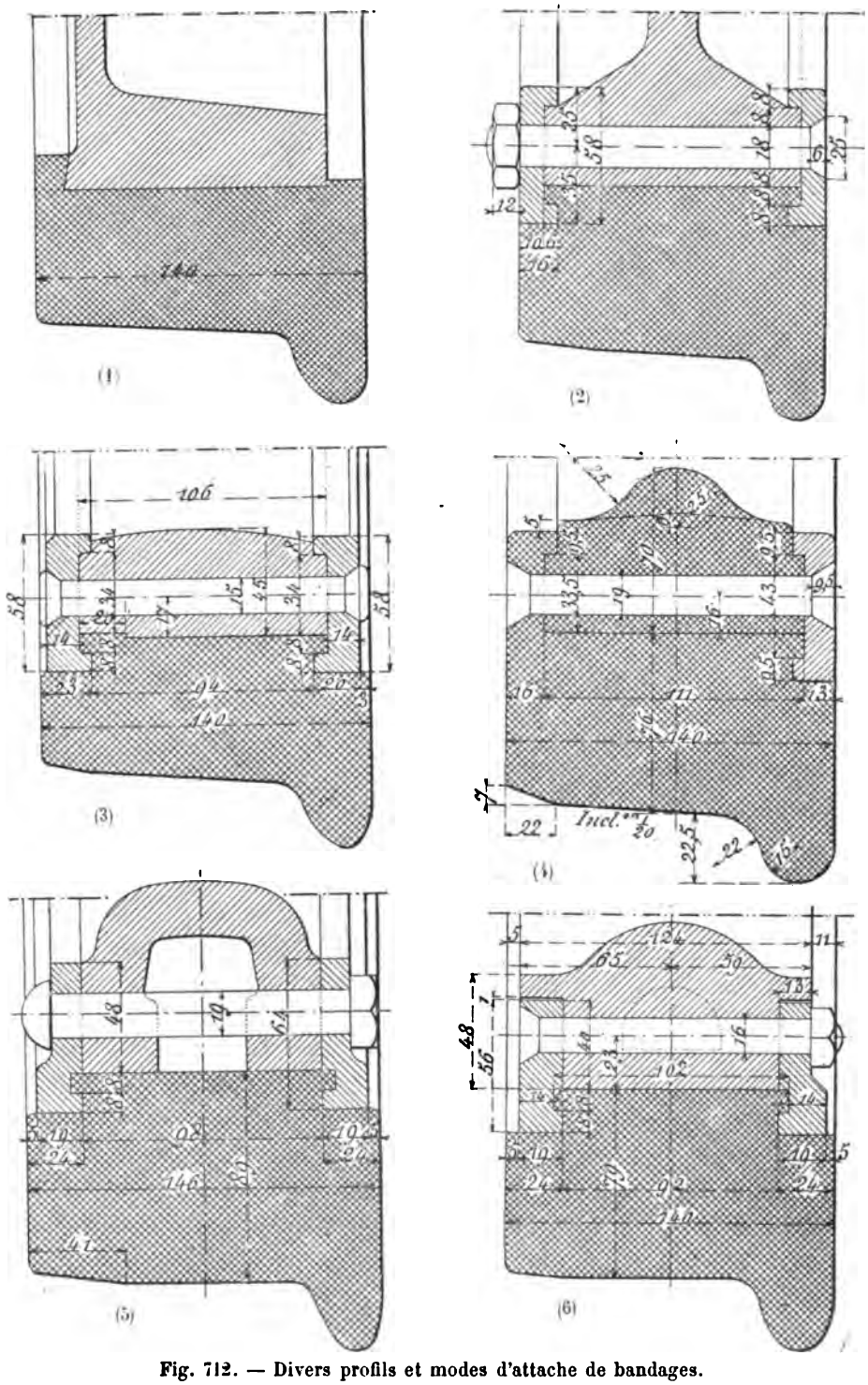


Fig. 712. — Divers profils et modes d'attache de bandages.

(1) *État* (attache Salmon) ; (2) *Orléans ;* roues porteuses et de tenders ; (3) *État autrichien ;* (4) *North Eastern Railway ;* (5) *Lake Shore and Michigan Southern ;* (6) *New-York Central Railroad.*

Digitized by Google

d'*Orléans* (roues porteuses), de l'*État autrichien*, de presque toutes les Compagnies anglaises et américaines (fig. 712) (2) à (6). Tantôt on rapporte une agrafe du même type de chaque côté (fig. 712) (2) (3) (5) (6), tantôt la jante remplace une des agrafes du côté extérieur de préférence (fig. 712) (4), afin que l'assemblage ait plus de résistance dans le sens transversal pour s'opposer aux efforts dus aux réactions des boudins sur les rails.

Ces agrafes sont formées par des cercles continus ou interrompus en fer ou en acier forgés, qui s'ajustent très exactement à l'intérieur de gorges tracées dans le bandage et la jante. Elles sont en section à U renversé de manière à s'opposer dans les deux sens aux déplacements du bandage sur la roue.

Les boulons qui tiennent ces agrafes ont de 15 à 18 mm. de diamètre et ne doivent faire aucune saillie intérieure ou extérieure par rapport au bandage ; ils sont entrés à frottement très dur dans les trous de la jante et du bandage percés l'un sur l'autre après l'embattage. Très souvent ces boulons ont des têtes fraisées et rivées à froid.

Depuis quelques années, on tend à supprimer les boulons et on fixe l'agrafe en rabattant sur elle par un rivetage à froid le bord intérieur du bandage (voir la disposition du *Caledonian* fig. 713) (4), ou par des coins continus comme au *Great Western* (fig. 713) (3) : l'agrafe doit alors être en deux pièces pour pouvoir s'emmancher sur la roue.

3° *Attaches par rivetage d'un petit cercle rapporté du côté intérieur*. C'est le système le plus en faveur aujourd'hui ; voir (fig. 711) (1); 713 (1) (2) *État prussien, Central Suisse, Est ;* la Compagnie de l'*Ouest* a étudié une attache du même genre pour les roues porteuses :

Dans une gorge tracée en queue d'aronde circulaire sur la face intérieure du bandage, près du bord intérieur, on introduit une pièce d'attache en fer ou en acier, en deux ou plusieurs pièces que l'on vient rabattre ou river contre le bandage qui porte de son côté, sur la face intérieure, soit une gorge, soit un rebord, soit une rainure à face inclinée sur laquelle vient s'appliquer l'agrafe. Du côté extérieur, le bandage est emboîté dans la jante à l'aide d'une collerette en queue d'aronde ou en section à U renversé.

La Compagnie du *Nord* emploie, concurremment avec d'autres systèmes, le type représenté figure 711 (1). On tourne dans le bandage, vers l'intérieur, une gorge assez profonde dans laquelle s'engage un cercle en fer qui dépasse le bandage et vient porter contre la jante. Une fois ce cercle en place on l'emprisonne en rivant au marteau le bord du bandage.

Dans tous les cas où l'on fait usage du rivetage des bandages on doit faire tiédir ceux-ci avant de commencer l'opération, sans quoi on risquerait souvent de déterminer des fissures.

Digitized by Google

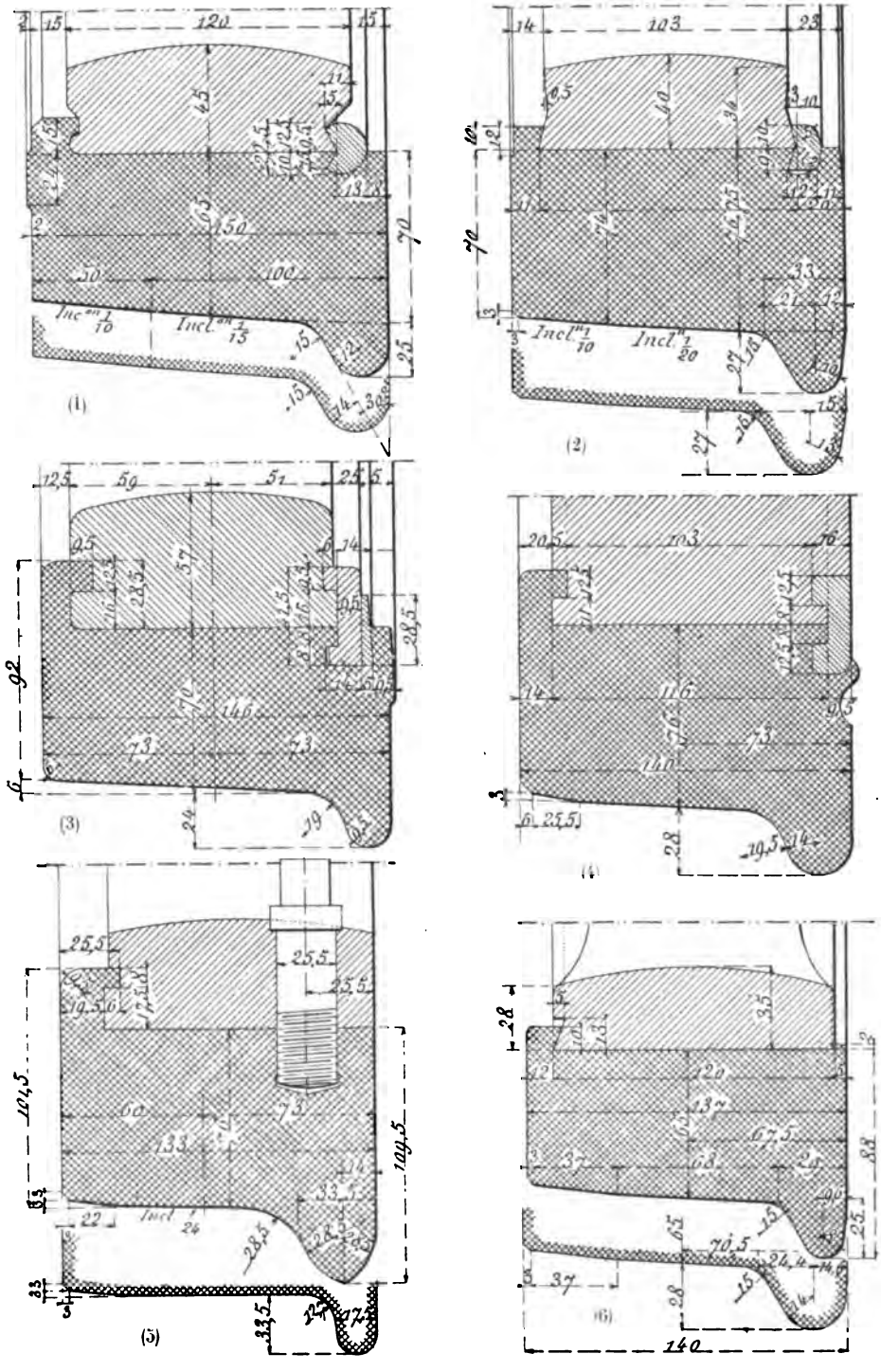


Fig. 713. — Divers profils et modes d'attache de bandage.

(1) *Central Suisse*; (2) *État prussien*; (3) *Great Western Railway*; (4) *Caledonian Railway*; (5) *London Brighton and South Coasts Ry*, roues motrices et accouplées; (6) *État belge* (attache Salmon), roues motrices et accouplées.

Digitized by Google

4° *Attaches par simple embattage sans addition de cercles ni agrafes.* (*Système Salmon*, fig. 711 (5) (6); 712 (1); 715; 716). Dans ce système, la surface de la section ordinaire du bandage est augmentée par des talons et aucune pièce n'est ajoutée ni à ce bandage, ni à la jante de la roue ; l'attache est continue, c'est-à-dire que chaque point du bandage est maintenu contre la jante et, de plus, la construction est très simple, puisque tout le travail se fait au tour.

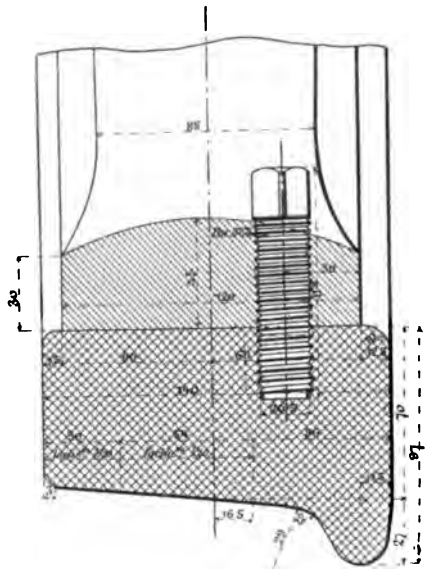


Fig. 714. — Fixation des bandages des roues motrices et accouplées (*Paris-Orléans*).

La jante de la roue et le bandage sont tournés très exactement à la forme indiquée par la figure 715, le diamètre intérieur du bandage étant plus petit que le diamètre extérieur de la jante de un millimètre environ par mètre pour le serrage habituel à l'embattage.

Pour l'embattage, le bandage est chauffé jusqu'à ce qu'il soit assez dilaté pour que le centre puisse y entrer comme l'indique la figure 715. On voit qu'en se refroidissant le bandage vient envelopper et serrer la jante (fig. 716).

L'embattage ne se fait dans de bonnes conditions qu'autant que la hauteur du petit talon et l'inclinaison du talon oblique ont été convenablement réglées.

La hauteur du petit talon pourrait atteindre les 3/1 000e du diamètre de la roue à la jante. La température des bandages à l'embattage correspondrait, pour cette hauteur du petit talon, au rouge sombre.

L'inclinaison du talon oblique doit être calculée d'après la dilatation transversale du bandage imposée par la hauteur du petit talon, de façon qu'au moment où la jante va pénétrer sous ce petit talon la face supérieure soit en dessous de ce dernier, ainsi que l'indique la figure. Si l'inclinaison du talon oblique est trop prononcée, l'emmanchement ne peut se faire.

La roue ne doit être introduite dans le bandage que le plus tard possible, afin que la jante ne soit pas trop chauffée par contact avec le bandage et, par suite, dilatée avant le commencement de son passage entre les deux talons.

La température à laquelle doit être porté le bandage, dépend de la hauteur donnée au petit talon ; l'augmentation du diamètre intérieur par la dilatation doit être du double de la hauteur de ce petit talon, augmenté : d'une part,

Digitized by Google

de la différence des diamètres, de la jante et du bandage, pour le serrage ordinaire à l'embattage, et, d'autre part, du jeu nécessaire pour l'entrée de la roue. On peut admettre qu'avec un petit talon de 2 mm. l'augmentation du diamètre du bandage, régulièrement chauffé sur toute sa circonférence, doit être de 7 mm. environ pour une roue d'un mètre de diamètre, et de 9 à 10 mm. pour une roue de 2 mètres.

Les bandages montés selon le système Salmon paraissent devoir se relâcher moins que les bandages fixés par des rivets.

Enfin le prix de revient final, bandage et montage, ne diffère pas sensible-

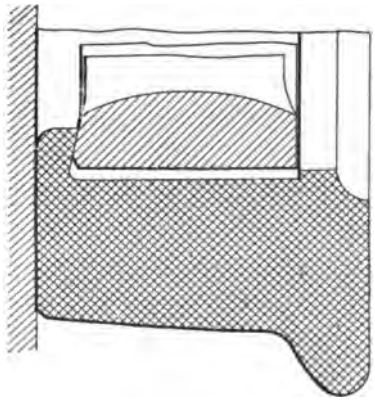


Fig. 715. — Fixation des bandages, du système Salmon. Présentation du bandage, chauffé, sur le corps de roue.

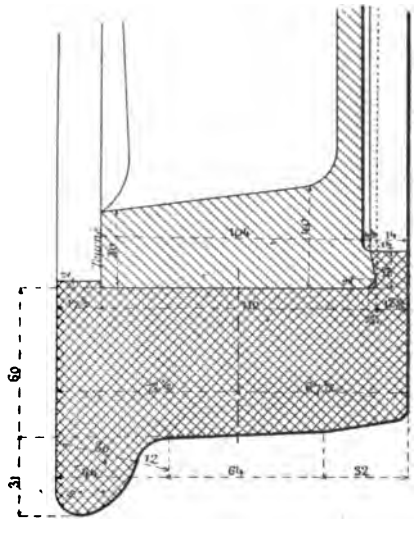


Fig. 716. — Bandages des *Chemins de fer de l'État français* (Fixation du système Salmon).

ment du prix de revient des autres système à rivets et à vis, par suite de l'économie de main d'œuvre qui résulte de la suppression des rivets ou des vis.

La fixation par agrafes rivées semble actuellement en grande faveur sur tout le continent européen : elle est adoptée par l'*État prussien*, quelques Compagnies suisses et étrangères; on l'a appliquée aux locomotives les plus récentes de la *Compagnie de l'Est* (type 3 000), et la *Compagnie de l'Ouest* en fait actuellement l'essai. La fixation du système Salmon, qui se recommande par sa grande simplicité, se répand aussi rapidement; elle est adoptée pour les roues des locomotives et des tenders, par les *Chemins de fer de l'Etat français;* elle est aussi appliquée par les *Chemins de fer du Nord* et de l'*Etat belge* entre autres.

Les attaches par vis radiales paraissent devoir être définitivement abandonnées un jour et celles par agrafes avec boulons transversaux, semblent appelées à ne pas se répandre davantage.

Digitized by Google

314. Dispositions propres à faciliter le passage en courbes[1]. — La locomotive à essieux rigides ne s'inscrit dans les courbes que par suite des jeux intentionnellement établis ou résultant de l'imperfection même de sa construction et de la flexibilité de son châssis. Mais, quand l'empattement dépasse une certaine valeur, ou quand le rayon des courbes descend au-dessous d'une limite déterminée, ce jeu et cette élasticité ne suffisent plus. Pour éviter une grande fatigue de la voie et des organes de la machine lors du passage en courbes et les chances de déraillement qui peuvent en résulter, il devient nécessaire d'adopter quelques dispositions spéciales.

Ces dispositions consistent principalement dans :

1° Suppression des boudins des roues milieu ou seulement amincissement de ces boudins donnant un jeu plus grand sur la voie à ces roues;

2° Réduction de l'empattement total;

3° Réduction de l'empattement fixe.

La suppression des boudins d'une des paires de roues extrêmes remplirait plus complètement ce desideratum, mais diminuerait beaucoup la stabilité; elle se réduirait d'ailleurs à l'application du second moyen signalé ci-dessus : la réduction de l'empattement. Dans les locomotives à six et à huit roues accouplées, la suppression des boudins d'une des paires de roues intermédiaires facilite beaucoup le passage en courbes. On la pratique en France sur certains types de locomotives à huit roues accouplées. Aux Etats-Unis, dans toutes les machines à six roues accouplées, qui comportent d'ailleurs à l'avant un bissel ou un bogie, on supprime toujours les boudins des roues milieu. Dans les machines Consolidation, à huit roues accouplées, on supprime même parfois les boudins de deux paires de roues, celles du premier et du troisième essieu accouplées par exemple, parfois ceux des deux paires intermédiaires (voir fig. 226 à 230).

Dans les locomotives à grande vitesse, à quatre roues accouplées et à trois essieux on ne supprime jamais les boudins des roues milieu. On se contente tout au plus, soit de donner un jeu latéral à l'essieu porteur, soit d'amincir le boudin des roues intermédiaires. Ce procédé, qui présente en somme les mêmes avantages que la suppression du boudin sans en offrir les inconvénients, est très usité en Angleterre et en France par quelques administrations, même pour les locomotives à bogie, particulièrement par la Compagnie de l'*Ouest* pour toutes ses machines express des types récents. Le boudin des roues intermédiaires est aminci de telle sorte qu'il présente sur la voie un jeu suffisant pour ne pas toucher normalement les rails, même

[1] Voir à ce sujet, entre autres, les articles de M. J. Michel dans la *Revue générale des Chemins de fer*, sur : la *Résistance des courbes au mouvement des locomotives*, N° de janvier 1884; la *Circulation des locomotives et des wagons dans les courbes*, N° de septembre 1884.

Voir aussi la note de M. G. Richard sur la *Construction des systèmes à adhérence incomplète employés pour faciliter le passage des locomotives dans les courbes*, N° d'août 1881.

Digitized by Google

lorsque la machine présente, par rapport à l'axe de la voie, l'obliquité maximum, à moins que ce ne soit au passage des courbes de raccordement de faible rayon. La locomotive est guidée, soit par l'essieu avant, soit par le bogie d'une part et par les roues arrière de l'autre. Les boudins des roues motrices ne servent que comme mesure de sécurité. Cette disposition se traduit par une plus grande douceur de roulement et une plus grande facilité à passer dans les courbes, la stabilité restant quand même des plus satisfaisantes puisque la machine est maintenue sur la voie par les essieux placés aux extrémités. Cette disposition convient parfaitement aux locomotives ayant un bogie à déplacement latéral, et l'amincissement des boudins doit être tel que ces derniers ne viennent pas toucher le rail quand, la machine passant en courbe, le bogie prend son déplacement latéral maximum.

Quant à la réduction de l'empattement total, si usitée à une certaine époque sur tout le Continent européen, c'est une solution qui ne convient que pour les services à faible vitesse. Les locomotives à grand empattement, à porte à faux réduits, pourront toujours, quelle que soit leur destination première, circuler dans les meilleures conditions à des vitesses considérables relativement au diamètre de leurs roues, tandis que les machines dont les essieux sont groupés sous le corps cylindrique seront toujours et fatalement instables.

La diminution de l'empattement fixe n'a pas les mêmes inconvénients, car elle entraîne souvent un accroissement de l'empattement total favorable à la stabilité grâce à l'emploi de boîtes radiales, de bissels ou de bogies. A ce point de vue donc on peut considérer ce procédé, propre à faciliter le passage en courbes, comme devant se ranger au nombre de ceux qui ont aussi pour effet d'accroître la stabilité.

Cette pratique peut conduire à la suppression de l'adhérence totale, ce qui aura de moins en moins d'inconvénients, nous l'avons vu, à mesure que, les vitesses augmentant, la capacité de la chaudière devra être plus grande par rapport au volume des cylindres. D'ailleurs l'addition d'un essieu porteur, chargé seulement de 4 à 5 t., aura, sur l'amélioration de la stabilité, une influence bien plus grande que sur la réduction de la puissance de traction. S'il est nécessaire de conserver à l'adhérence sa valeur maximum, comme par exemple pour les machines de rampes ou celles qui sont au moins destinées aux profils difficiles, on pourra avoir recours aux procédés connus, dont nous avons parlé ailleurs, permettant de donner aux locomotives à adhérence totale la souplesse nécessaire pour la circulation dans les courbes de petit rayon, mais qui entraînent une complication assez grande que doit justifier une nécessité urgente.

315. Essieux à déplacement latéral sans convergence. — On facilite

Digitized by Google

l'inscription en courbes en donnant aux essieux extrêmes un certain jeu transversal.

Quand le déplacement transversal doit être faible, on se contente de donner

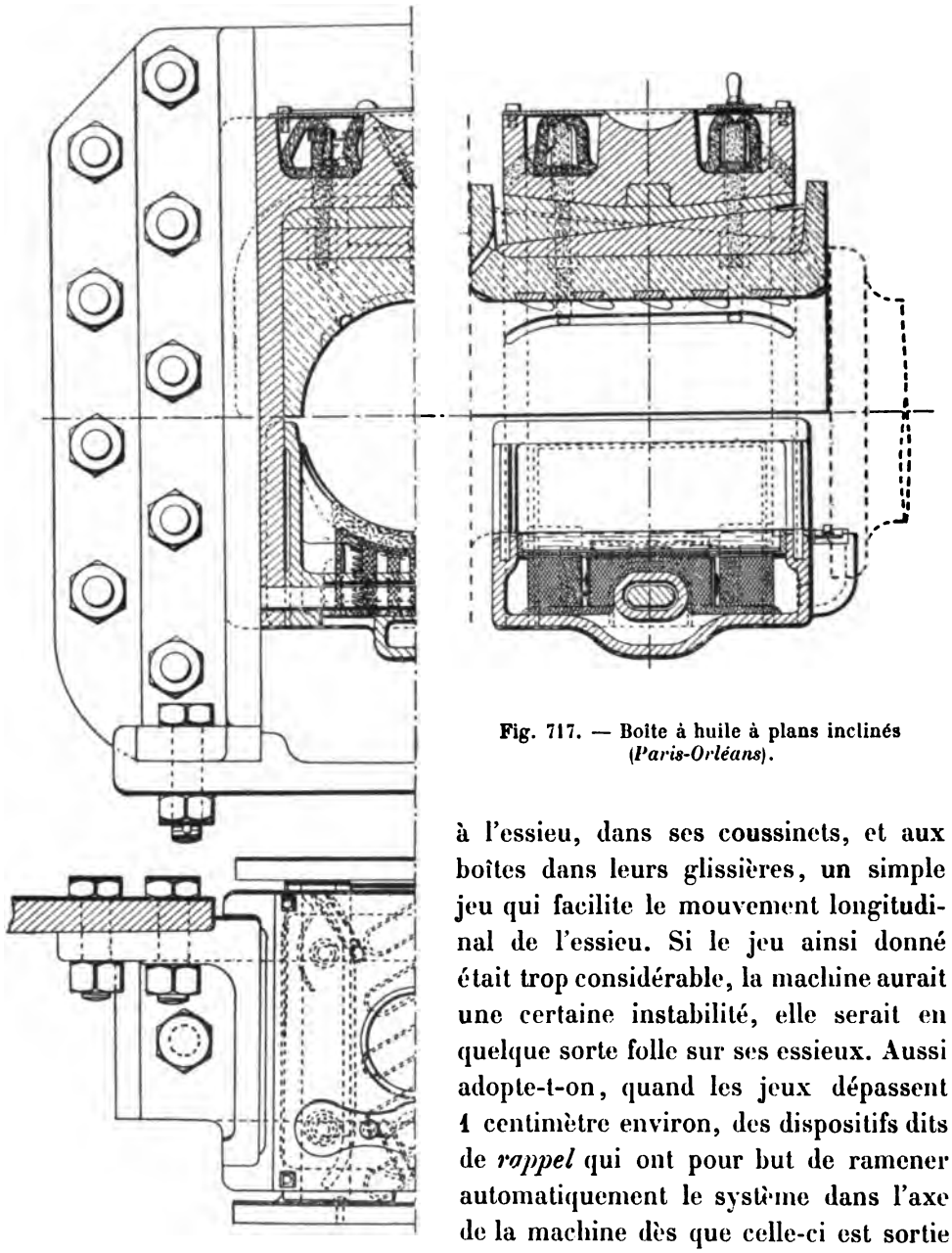


Fig. 717. — Boîte à huile à plans inclinés (*Paris-Orléans*).

à l'essieu, dans ses coussinets, et aux boîtes dans leurs glissières, un simple jeu qui facilite le mouvement longitudinal de l'essieu. Si le jeu ainsi donné était trop considérable, la machine aurait une certaine instabilité, elle serait en quelque sorte folle sur ses essieux. Aussi adopte-t-on, quand les jeux dépassent 1 centimètre environ, des dispositifs dits de *rappel* qui ont pour but de ramener automatiquement le système dans l'axe de la machine dès que celle-ci est sortie d'une courbe raide ou d'opposer, au déplacement de l'essieu, une résistance élastique. Ces différents systèmes ne sont pas employés pour les essieux accouplés auxquels on ne peut guère, pour les raisons énoncées

Digitized by Google

plus haut, donner un jeu dépassant la valeur au-dessus de laquelle il a besoin d'être contrôlé.

Pour les essieux non convergents, on emploie surtout le rappel par plans inclinés placés au-dessus des boîtes.

Dans la disposition adoptée depuis longtemps par la Compagnie d'*Orléans* (fig. 717), les deux coins, d'une inclinaison d'environ 12 0/0, sont fixés, l'un à la boîte par son centre, l'autre entre les joues du coussinet. Ces plans inclinés sont en fer cémenté et trempé de manière à présenter une grande

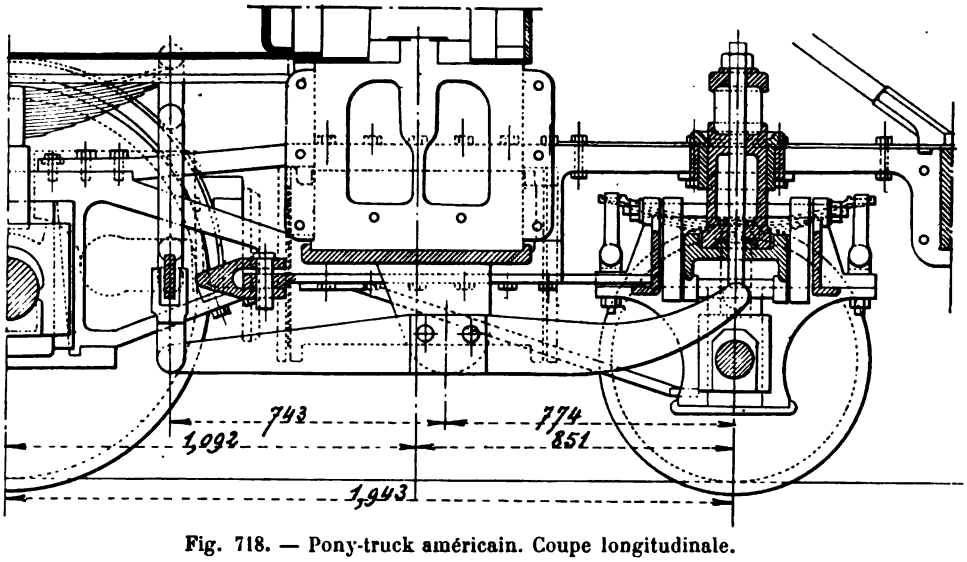


Fig. 718. — Pony-truck américain. Coupe longitudinale.

résistance à l'usure ; leur graissage se fait par siphonnement, au moyen de mèches et de rainures spéciales introduisant l'huile entre eux.

Lorsque, dans une courbe, l'essieu est poussé transversalement à l'axe de la machine, il ne peut se déplacer qu'en comprimant le ressort de suspension par l'intermédiaire des plans inclinés. De là une résistance propre à donner la stabilité nécessaire et à rappeler l'essieu à sa position normale lorsque la machine sort de la courbe. Chaque dessus de boîte est muni de deux plans croisés effectuant le rappel, l'un vers la droite, l'autre vers la gauche.

On trouvera, plus haut, une disposition analogue appliquée aux essieux porteurs des locomotives de banlieue de la Compagnie de l'*Est* (Mach. 729-742).

316. Trains articulés ou bissels. — Dans le dispositif qui a reçu le nom de son premier inventeur, Bissel, l'essieu jouit à la fois de la convergence et du déplacement latéral. Il est à peu près indépendant de la machine et fait partie d'un petit truck, articulé à une cheville ouvrière située à une assez grande

Digitized by Google

distance en arrière, dans l'axe de la machine. Les ressorts de suspension chargent les boîtes par l'intermédiaire de platines à glissement qui ne s'opposent pas au déplacement longitudinal de l'essieu. On peut opérer le rappel

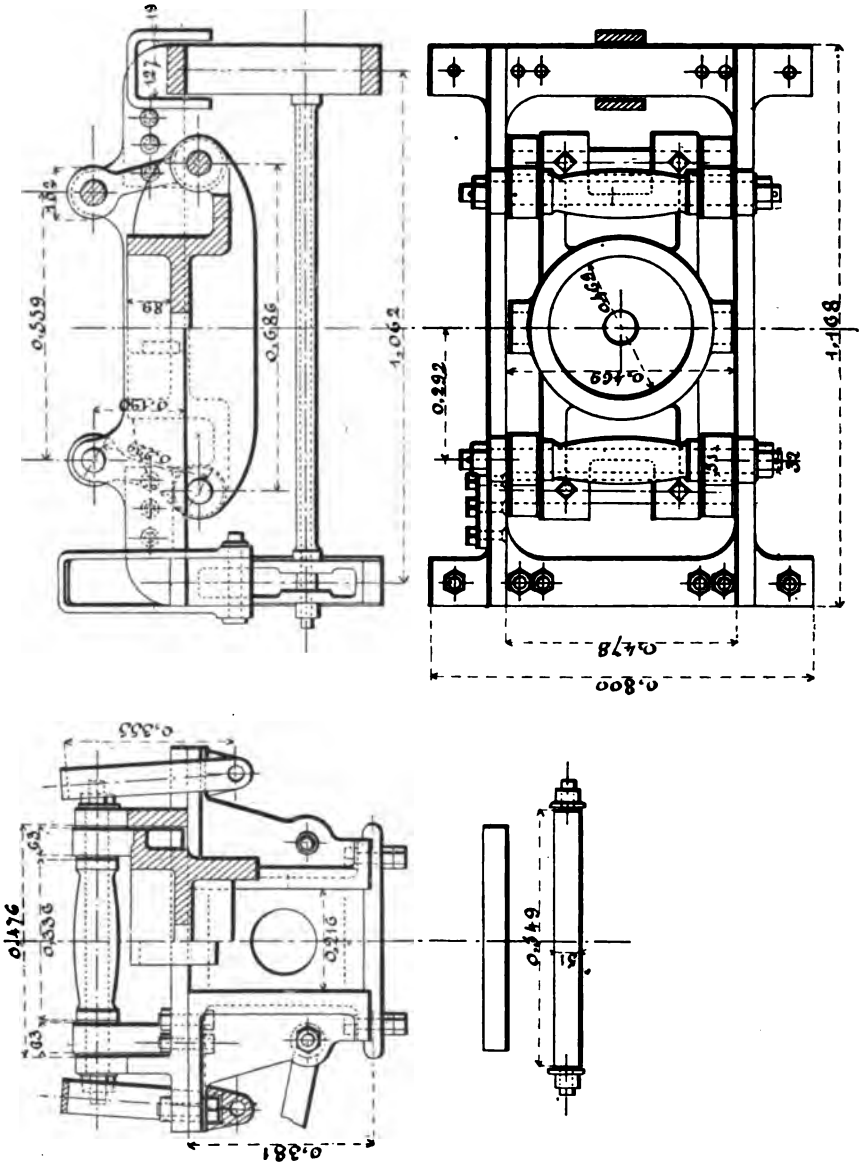


Fig. 719. — Châssis d'un bissel américain (pony-truck) avec rappel par menottes (*Rogers Locomotive Works*).

par ces platines en les munissant de plans inclinés qui agissent comme dans le système de boîte examiné plus haut. On préfère généralement opérer ce rappel par des menottes, inclinées en sens inverse, transmettant au châssis du truck le poids de la machine.

Les bissels à un seul essieu sont très usités aux États-Unis, pour les machines des types *Mogul* et *Consolidation;* on en a fait aussi de nombreuses

Digitized by Google

applications en Europe, particulièrement en Suisse. En France, on n'en a fait que peu usage, entre autres par exemple à la Compagnie du *Nord*, plutôt à titre d'essai et par comparaison avec les boîtes Roy, sur des machines tenders de banlieue.

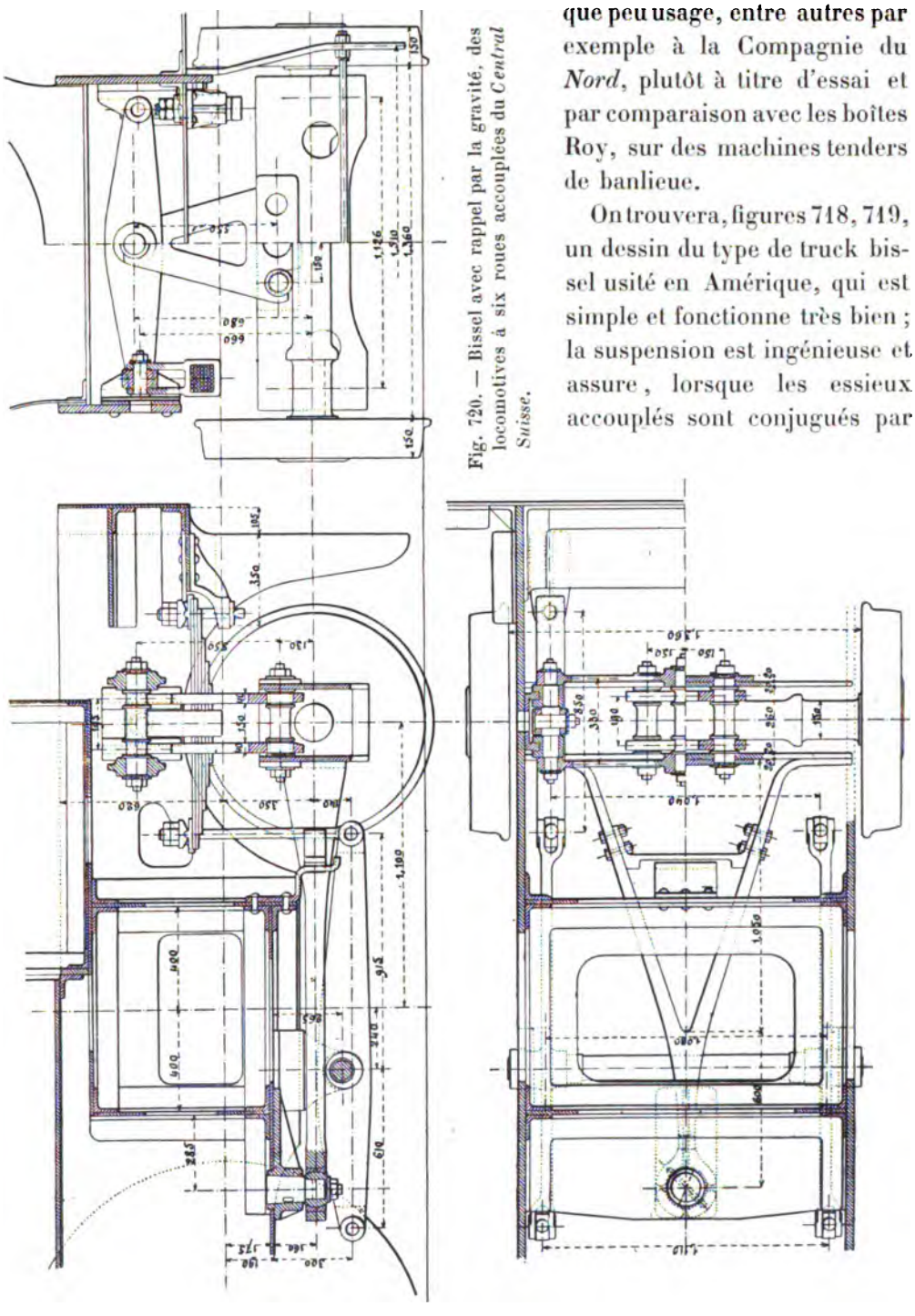


Fig. 720. — Bissel avec rappel par la gravité, des locomotives à six roues accouplées du *Central Suisse*.

On trouvera, figures 718, 719, un dessin du type de truck bissel usité en Amérique, qui est simple et fonctionne très bien ; la suspension est ingénieuse et assure, lorsque les essieux accouplés sont conjugués par des balanciers longitudinaux, la suspension sur trois points. Les deux

Digitized by Google

plaques de gardes des roues du truck sont reliées entre elles par un châssis léger, en fer forgé, solidaire d'une double barre formant un cadre triangulaire articulé par son sommet à une cheville maintenue par une fourche rivée aux longerons. Le poids est transmis à l'essieu par l'intermédiaire d'un balancier longitudinal articulé vers son centre à un axe solidaire du massif des cylindres, par son extrémité postérieure à un balancier relié aux ressorts de l'essieu accouplé avant et, par son extrémité antérieure à une tige de pression qui traverse la douille en fonte sur laquelle elle s'appuie par sa partie supérieure. Cette douille repose elle-même sur un plateau suspendu par quatre petites bielles qui permettent un déplacement relatif dans le sens transversal du châssis du truck. La suspension est effectuée au moyen de deux ressorts ordinaires à lames et quelquefois de ressorts hélicoïdaux.

Ainsi, ce dispositif est absolument comparable à celui d'un bogie à déplacement latéral avec rappel par menottes dans lequel les deux essieux se confondent en un seul placé dans le plan vertical du pivot.

On trouvera, figure 720, un type de bissel employé en Suisse, et qui diffère notablement du précédent. La traverse, reliant les deux boîtes et solidaire du bras articulé sur l'arrière à une cheville ouvrière, est chargée en son milieu par deux pièces triangulaires parallèles remplaçant les menottes, qui reçoivent, par une articulation placée dans le plan médian, un balancier transversal dont les deux extrémités sont chargées par les ressorts de suspension, du type ordinaire à lames étagées. Les tiges de pression avant de ces ressorts sont directement chargées par le châssis de la machine ; les tiges arrière le sont chacune par un balancier longitudinal relié par l'autre bout aux ressorts du premier essieu accouplé. La suspension est ainsi effectuée par trois points.

On emploie aussi en Suisse un type de bissel, plus ou moins dérivé du système Brown. La traverse du bissel est chargée en son milieu par un balancier relié à la suspension, à peu près comme dans le type précédent, et qui repose sur elle par un galet maintenu transversalement au moyen de bielles solidaires du longeron qui assurent sa fixité. Le galet repose sur deux plans inclinés en sens contraires et symétriques dont l'arête d'intersection, constituant le fond, se trouve dans le plan longitudinal médian de la machine; l'ensemble du galet et des plans inclinés constitue un mécanisme de rappel assez sensible et absorbant un faible travail de frottement. Parfois, on dispose deux galets placés de part et d'autre, à peu près au-dessus des boîtes et se déplaçant chacun, sur un plan incliné transversal.

On trouvera, figure 721, un type de bissel assez répandu dans quelques régions de l'Europe. Les deux boîtes sont réunies par un petit bâti qui reçoit la charge de la machine sur un pivot central par l'intermédiaire de deux ressorts

Digitized by Google

transversaux, renversés, reliés au châssis principal par des menottes inclinées chargées du rappel. L'entraînement du truck est opéré à l'aide de deux bielles à rattrapage de jeu placées dans le plan horizontal et reliées à l'avant aux longerons de la machine. Ces deux bielles convergent vers le centre virtuel d'articulation du bissel.

Aucune de ces dispositions n'offre la simplicité et l'efficacité des bissels américains.

On emploie aussi, particulièrement en Suède et en Autriche, des bissels à deux essieux, qui se rapprochent en réalité des bogies à déplacement

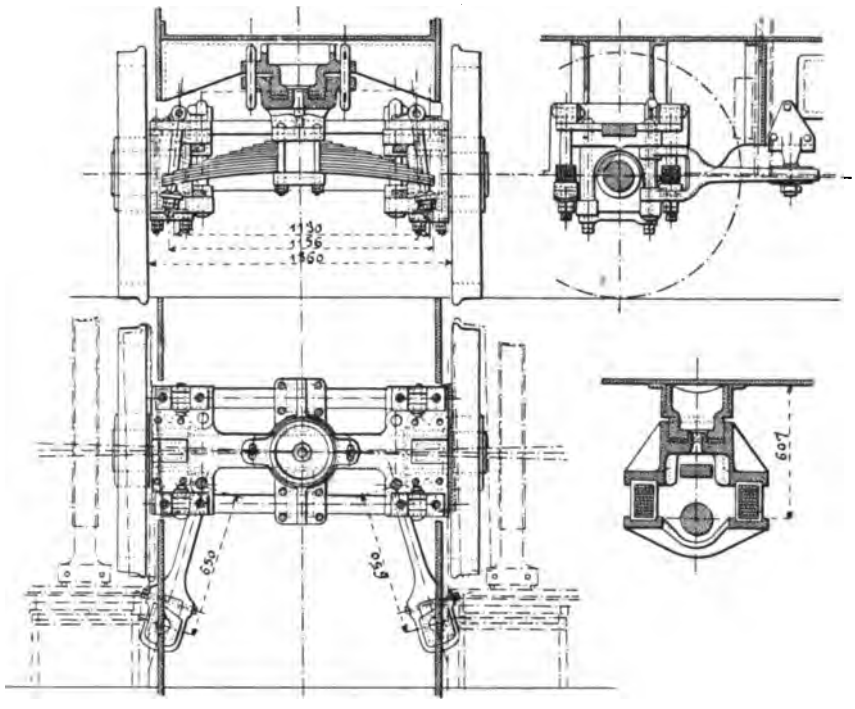


Fig. 721. — Bissel des locomotives à quatre roues accouplées de l'*État danois*.

latéral. Le bogie, au lieu de tourner autour d'une cheville placée en son centre de figure, pivote autour d'une cheville ouvrière située en arrière, dans le plan longitudinal médian de la machine. Pour que l'inscription en courbes s'effectue avec la même facilité, pour les essieux rigides de la machine que pour les essieux du bissel, le point d'articulation doit satisfaire à une certaine condition qui peut n'être pas toujours réalisable. Si l'on désigne par x la distance de ce point au premier essieu accouplé, par l et l'' les empattements des essieux rigides et mobiles, par l' l'entraxe de l'essieu arrière du bissel et de l'essieu rigide avant, on doit avoir :

$$x = \frac{l'\,(l' + l'')}{l + 2l' + l''}$$

Digitized by Google

On peut se soustraire à cette obligation en faisant pivoter aussi le truck du bissel autour de son centre de figure, mais alors on retombe sur le cas du bogie ordinaire, la bielle reliant son centre à la cheville ouvrière fixée au châssis de la locomotive, remplissant simplement l'office des glissières.

Le rappel des bissels à deux essieux s'effectue au moyen de plans inclinés, de galets ou mieux de menottes.

Nous examinerons avec quelques détails ces dispositions dans le paragraphe consacré aux bogies qui sont beaucoup plus répandus en France.

317. Boîtes radiales. — On peut considérer un essieu à boîtes radiales comme un bissel dans lequel on a remplacé, par des glissières destinées à le guider, la bielle articulée en un point du châssis principal, autrement dit comme un bissel dont l'articulation n'existe que virtuellement. On est donc maître de disposer cet axe virtuel au point théorique. On peut aussi assimiler l'essieu à boîtes radiales à un essieu à déplacement latéral avec rappel, obligé par des glissières à prendre, en outre du déplacement latéral, un mouvement de rotation autour d'un centre virtuel, réalisant la convergence d'une manière plus ou moins rapprochée. Le rappel peut se faire par plans inclinés, menottes ou ressorts.

Les boîtes radiales sont assez usitées en Allemagne et en Angleterre; on en a fait aussi quelques applications en France, particulièrement à la Compagnie du *Nord*.

La convergence est évidemment désirable, mais elle n'est vraiment utile que pour le passage des courbes de très faible rayon. En service courant sur les grandes lignes et même sur beaucoup de lignes secondaires, le simple déplacement latéral, plus facile à réaliser, est en général suffisant et produit sensiblement le même résultat.

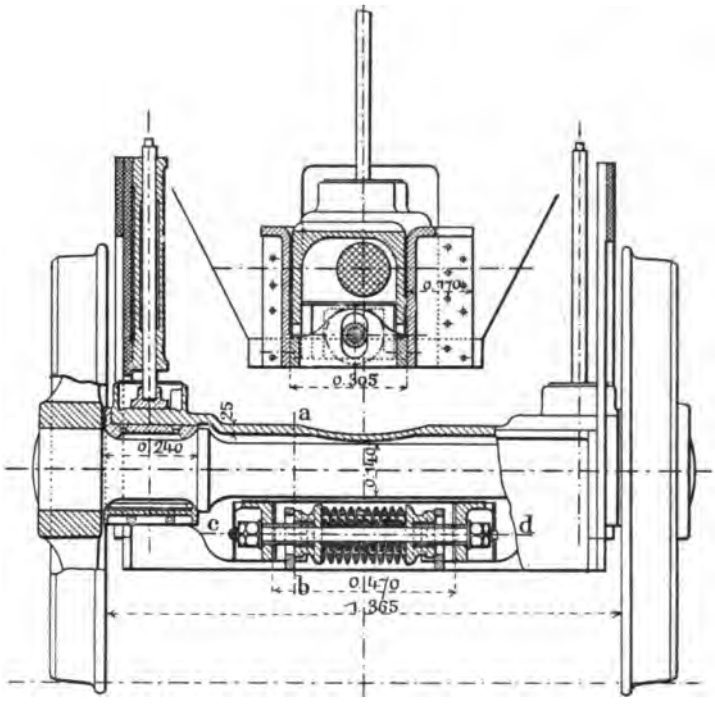
Les systèmes les plus connus en Allemagne sont ceux : de *Schwartkoff*, dont les boîtes, à plans inclinés, sont chargées par des galets placés à l'extrémité d'un balancier transversal chargé en son milieu par un ressort également transversal; de *Windmark*, qui peut être considéré comme ayant servi de proto-type aux boîtes Webb, plus usitées et plus mécaniques.

En France, on a surtout appliqué la boîte *Roy* qui se compose essentiellement d'une boîte proprement dite à faces planes verticales et d'un coussinet pouvant pivoter de part et d'autre de la fusée de l'essieu autour d'un axe vertical. Les faces droite et gauche des boîtes proprement dites sont inclinées en sens inverse. Quand un tel essieu se déplace, chacune des fusées prend, entre les joues de la boîte, un mouvement oblique de translation pouvant se décomposer en deux mouvements perpendiculaires, égaux et de signe contraire, et se composent en une rotation de l'essieu autour d'un axe vertical passant par son milieu, laquelle rotation se compose ensuite, avec le dépla-

Digitized by Google

cement longitudinal de l'essieu, en une résultante de rotation autour d'un

Coupe transversale suivant **ab**.



Coupe horizontale suivant **cd**.

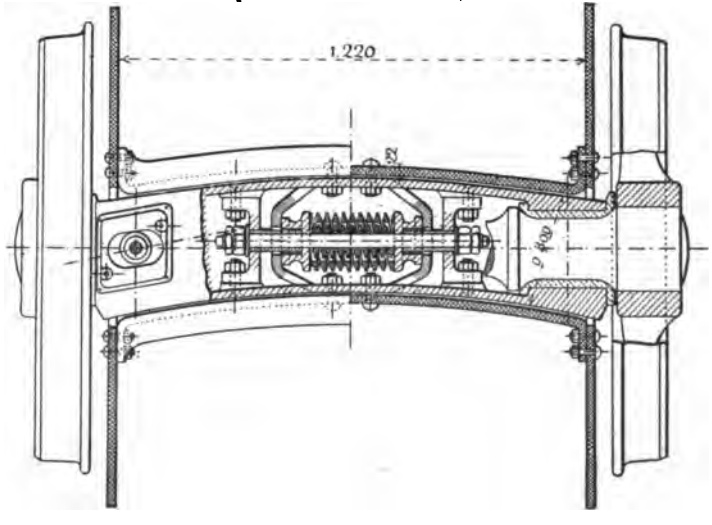


Fig. 722. — Essieu radial du système *F. W. Webb*.

axe situé à l'arrière comme celui d'un bissel et dans le plan vertical médian de la locomotive.

Digitized by Google

La boîte *Webb* (fig. 722), très usitée en Angleterre, particulièrement sur les locomotives-tenders à quatre essieux dont deux accouplés et qui sont dites du type radial, se distinguent surtout par cette particularité que les boîtes sont solidaires et réunies, non seulement par l'essieu au moyen de ses collets, mais par une entretoise en fonte, coulissant, ainsi que les boîtes, dans des glissières courbes fixées au châssis de la machine. Le rappel est

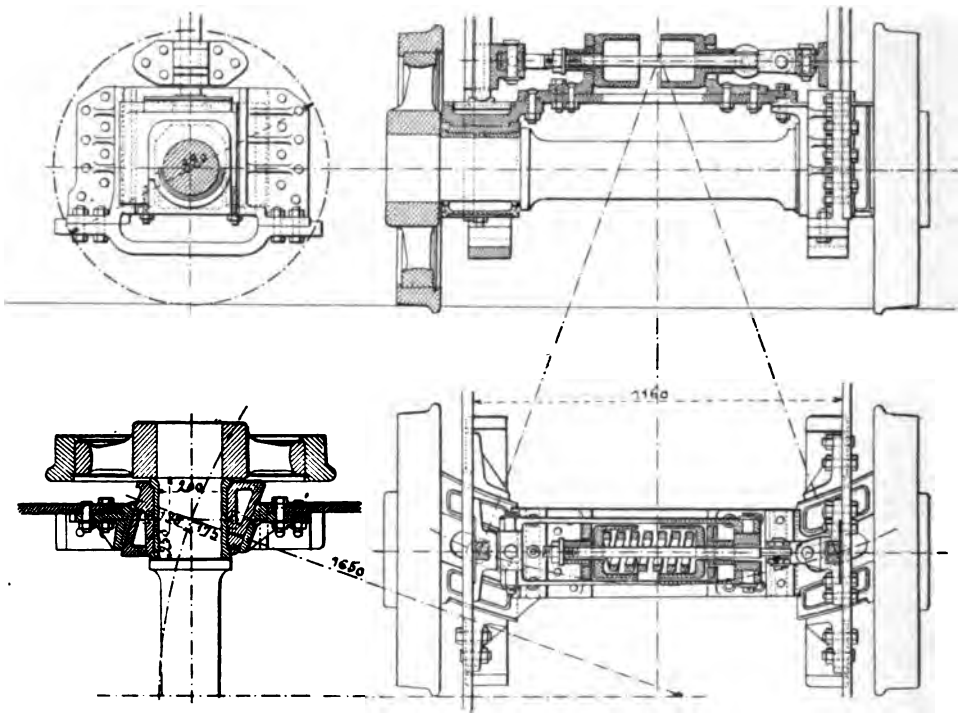


Fig. 723. — Essieu radial des locomotives à six roues accouplées de l'*État autrichien*.

effectué par des ressorts hélicoïdaux placés transversalement ou par des ressorts à pincettes disposés horizontalement. Grâce à la solidarité des deux boîtes, les coussinets sont moins exposés à coincer.

Les irrégularités de la voie entraînant une oscillation alternative de l'essieu autour de son centre, on doit laisser entre les boîtes et les glissières un jeu de plusieurs millimètres, de manière que les boîtes, lorsque l'essieu prend dans le plan vertical une position oblique, ne viennent pas à se coincer dans les guides. C'est là une condition essentielle du bon fonctionnement des boîtes Webb, surtout si les voies ne sont pas en parfait état.

On trouvera, figure 723, le dessin d'un essieu radial du même type, usité par l'*État autrichien*, et dans lequel les faces verticales des glissières des boîtes sont rectilignes.

Digitized by Google

318. Trucks articulés ou bogies[1]. — Le bogie est un truck à deux essieux articulé autour d'une cheville ouvrière placée soit en son centre de figure, soit près de celui-ci, vers l'arrière de préférence. Ces trucks se divisent en deux classes suivant qu'ils ne peuvent prendre qu'un mouvement de rotation autour de leur pivot ou qu'ils possèdent en outre un jeu latéral de quelques centimètres. Ce jeu, qui ne paraît guère nécessaire que pour le passage dans les courbes de très faible rayon ou quand la machine est très longue, doit être contrôlé. Ce contrôle est effectué par des ressorts antagonistes, des menottes ou des plans inclinés.

Le bogie n'est pas d'invention récente, et pour retrouver les premières applications qui en ont été faites, il faut remonter presque jusqu'à l'origine de la locomotive. Un ingénieur américain, M. J. Jervis, breveta, dès 1831, le truck articulé dans son application aux locomotives, et son dispositif fut appliqué dès l'année suivante. En 1832, M. Winans appliqua le bogie à une locomotive de *Baltimore and Susquehanna Railroad*. C'est seulement plus tard, vers 1834, que Stephenson construisit une locomotive à bogie, laquelle fut importée en Amérique. Ce fait avait longtemps porté à croire que le célèbre ingénieur avait été le premier applicateur du truck articulé.

La première machine à quatre roues accouplées et à bogie qui peut être considérée comme l'origine du type, dès lors classique en Amérique, fut construite par Eastwich et Harrison, de Philadelphie, en 1837.

Depuis cette époque, le bogie a été appliqué aux États-Unis à toutes les locomotives à quatre roues accouplées et à un très grand nombre de locomotives à six roues accouplées. On l'a même adopté récemment pour un grand nombre de puissantes locomotives à quatre essieux accouplés.

En Angleterre, le bogie fut appliqué dès 1850, par Gooch et Pearson, aux machines-tenders à voie large du *Great Western* et du *Bristol Exeter*, mais sa généralisation est beaucoup plus récente. Les applications, au sens moderne du mot, ne datent guère que de 1870, surtout pour les machines express; depuis cette époque elles n'ont cessé de se développer tant pour les locomotives à grande vitesse que pour les machines-tenders de banlieue. Les Compagnies du *Great Western* et du *Brighton* qui étaient restées réfractaires à son emploi, l'ont adopté, la première en 1893 pour ses locomotives à grande vitesse des nouveaux modèles, et la seconde en 1891 d'abord pour ses locomotives-tenders, ensuite, en 1895, pour ses nouveaux types d'express. Une Compagnie seulement, celle du *Great Eastern*, ne fait pas construire de locomotives à bogie, mais elle en possède un certain nombre (express et banlieue) mises en service de 1880 à 1887.

[1] Voir dans le *Portefeuille des machines* (N° de février 1890), notre *Etude comparative sur les principaux types de bogies.*

Digitized by Google

Sur le Continent, le bogie fut introduit par Mayer, vers 1848, particulièrement sur les chemins allemands et suédois.

En France, les *Compagnies du Nord* et *de l'Ouest* adoptèrent le bogie pour leurs locomotives express, la première en 1878 et la seconde en 1888, la *Compagnie de l'Est* en 1891 et la *Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée* en 1892. Cette dernière Compagnie ne s'est pas contentée d'employer le truck articulé pour ses constructions neuves; elle transforme successivement, en les améliorant, en locomotives à bogies, ses machines express à quatre essieux (série 111-400).

Dans certains autres pays de l'Europe continentale, tels que la Suisse et l'Autriche, le bogie est d'application déjà ancienne et générale; il s'est beaucoup répandu, depuis quelques années, en Italie, en Allemagne pour les locomotives express, puis en Russie. Il n'est pas employé par les Chemins de fer de l'*État belge*.

Bref, à part quelques administrations formant maintenant une exception, on peut considérer le truck articulé comme étant d'un emploi général pour les locomotives à grande vitesse des types modernes, dans presque toutes les contrées, et la faveur dont il jouit paraît justifiée par les avantages qu'il présente et que nous allons résumer.

Le bogie facilite la circulation de la machine dans les courbes, il permet d'augmenter son empattement et sa stabilité sans réduire sa souplesse. Son emploi facilite la suppression des porte à faux.

Il facilite l'augmentation du volume des chaudières et du poids des machines ainsi que leur répartition en permettant, sans accroître l'empattement fixe, de porter la charge sur l'avant à 20 ou 22 t. s'il est nécessaire.

Il diminue, dans le sens longitudinal, l'action des chocs dus aux inégalités verticales de la voie ; l'amplitude des oscillations, au droit du pivot, si ce dernier est à égale distance des deux essieux, étant la moitié de celles que subissent ceux-ci en leur milieu.

L'attaque sur la voie, dans le mouvement de lacet, est moins considérable que si l'avant est porté par un essieu libre parce que le choc latéral des boudins est partagé en deux points ayant pour écartement l'empattement du truck. Cet effet se trouve encore notablement accru quand le bogie est à jeu latéral, avec contrôle par les ressorts ou par la gravité, le choc latéral sur les rails s'effectuant par l'intermédiaire d'un système élastique.

Une notable fraction du poids de la machine étant reportée à l'avant, en quatre points convenablement espacés sur les rails, il en résulte pour la voie une moindre fatigue et une augmentation de son adhérence sur le sol, ce qui la prépare à recevoir la charge des roues motrices.

Le seul inconvénient notable du bogie que l'on puisse opposer à ces avan-

Digitized by Google

tages consiste dans l'excédent de poids et de dépense qu'il entraîne. Or cet excédent n'est souvent pas considérable, car on applique le truck articulé à des locomotives qui nécessiteraient souvent, sans son emploi, l'addition de deux essieux porteurs ; il n'y a donc à mettre en ligne que le poids et le prix du châssis. D'autre part, il ne s'agit ici que d'un accroissement de poids total et non d'un excès de charge sur chaque essieu, bien au contraire, la charge reposant sur les essieux d'un bogie de locomotive reste le plus souvent inférieure à 9 t. et ne dépasse que rarement 10 t.

En outre, le truck articulé augmente dans certains cas, surtout si on l'adapte à des types de locomotives ayant précédemment trois essieux seulement, l'empattement total des locomotives et peut rendre leur manœuvre impossible sur les ponts-tournants ou les chariots, mais n'est-ce pas le matériel fixe qui doit être approprié aux locomotives et non celles-ci au matériel fixe ?

Quand les roues du bogie sont suffisamment chargées, — et un poids de trois à quatre tonnes par essieu, notablement inférieur à celui qu'impose les conditions de la pratique, paraît suffisant pour assurer la sécurité, — il faut que les roues soient assez écartées pour que, dans leur pivotement, leurs boudins ne fassent pas, avec le rail, un angle égal ou supérieur à l'angle de frottement d'acier sur acier, sans graissage. Or cette condition est toujours réalisée dans la pratique, l'écartement des essieux étant notablement supérieur à l'écartement de la voie. En France, il est généralement compris entre 1,80 m. et 2,00 m. En Angleterre, il descend exceptionnellement à 1,62 m. pour les express du *South Eastern* et d'anciennes locomotives du *Glasgow and South Western*, mais varie ordinairement entre 1,85 m. et 1,95 m. L'entraxe des roues du bogie, dans les locomotives américaines, est généralement de 1,83 m., mais il s'élève parfois à 2,05 m.

Un tel écartement est aussi suffisant, dans la plupart des cas, pour assurer le passage du bogie dans les croisements. M. G. Richard en a donné la démonstration dans l'article cité en tête du paragraphe 314.

Pour que le pivotement du bogie soit facile, il convient de placer le pivot au centre de figure. Toutefois, pour faciliter le passage en courbe, on place quelquefois le pivot un peu en arrière de ce centre (45 à 50 mm., *Great Northern Ry*, *Ouest*).

D'ailleurs, la charge sur le bogie pouvant toujours être ramenée à son pivot, il importe que celui-ci soit au centre pour obtenir une charge égale sur les deux essieux, mais, dans les limites indiquées ci-dessus, le déport du pivot n'a qu'une influence minime à ce point de vue.

Le pivotement est moins libre quand le truck est chargé par des platines latérales, le déplacement relatif des surfaces frottantes et par conséquent le travail absorbé étant plus considérable pour un angle donné de pivote-

Digitized by Google

ment. Plus les platines sont voisines du centre et moins cet effet est marqué.

Ordinairement, le truck articulé est fou autour de sa cheville ouvrière et peut tourner librement, son pivotement n'étant limité que par les réactions des rails. Pourtant, la Compagnie de *P.-L.-M.* dispose, pour le pivotement, un rappel par la gravité au moyen de plans hélicoïdaux analogue à celui qui est usité pour le déplacement transversal.

Si le truck n'était chargé qu'en un point correspondant exactement avec son centre de rotation, il serait libre d'osciller dans tous les sens, sous l'action des inégalités de la voie sans entraîner avec lui le châssis de la machine ou du moins sans soumettre celui-ci à des efforts verticaux placés dans les plans longitudinaux et transversaux contenant le pivot et sans donner lieu à des modifications de la répartition. En réalité, cette condition n'est pas entièrement satisfaite avec les pivots à large surface plate ordinairement employés, encore moins, en ce qui concerne les efforts latéraux communiquant un mouvement de roulis, quand le bogie est chargé par des platines latérales. Pour y remédier, certains ingénieurs ont adopté des pivots sphériques permettant au châssis du truck de s'incliner en tous sens, sans subir aucune réaction de la part de la machine elle-même (*Etat hongrois*, *Chemins de fer de la Méditerranée*, *P.-L.-M.*). On a beaucoup employé en Angleterre, à une certaine époque, dans le même but, une rondelle épaisse en caoutchouc, interposée entre la table du pivot et celle du truck, dont l'élasticité se prêtait à ce déplacement relatif du plan horizontal du bogie et de celui de la machine (système *Adams*), mais l'expérience a prouvé que les rondelles en caoutchouc, soumises à effort de compression considérable, perdaient rapidement leur élasticité, devenaient plus dures que le bois et n'avaient plus aucune action au bout de quelque temps de service, aussi y a-t-on définitivement renoncé. Les Américains ont résolu le même problème d'une manière plus satisfaisante, en adoptant, de chaque côté, la suspension par ressort unique renversé et chargé directement en son centre par la traverse du truck supportant le pivot. Le châssis du bogie n'est plus soumis à l'action des ressorts de suspension et ne prend jamais aucune inclinaison longitudinale. Ce type de suspension est adopté d'une manière à peu près générale en Angleterre[1], nous le verrons et, en France, par les Compagnies de l'*Ouest* et de *P.-L.-M.*

Les bogies appartiennent à différents types suivant qu'ils jouissent ou non d'un déplacement latéral, suivant la manière dont leur est transmise la charge de la machine, par la disposition générale de la suspension ou les dispositifs adoptés pour contrôler le jeu latéral.

Les bogies sans déplacement latéral ne donnent, on le sait, qu'une solution

[1] Les exceptions les plus importantes sont données par les locomotives à grande vitesse du *Great Western* et du *Great Northern*.

Digitized by Google

incomplète du problème, tout au moins en ce qui concerne le passage en courbes. Toutefois comme, grâce au jeu des boudins sur la voie et à l'élasticité du châssis, ce jeu peut n'être utile que pour le passage dans les courbes de très petit rayon, on peut admettre qu'il n'est pas indispensable pour les machines de grande ligne, bien que capable de favoriser la circulation accidentelle dans les courbes raides des dépôts ou de certains aiguillages. Aussi a-t-on construit de nombreuses locomotives express dont les pivots ne jouissent d'aucun déplacement latéral. Nous citerons comme exemple les locomotives à roues libres du *Great Northern Ry* (type créé en 1870), les machines du type *Outrance* de la Compagnie du *Nord*, de nombreuses machines américaines, etc. Sur certaines lignes, on a supprimé le jeu latéral après l'avoir adopté. M. Ely, ingénieur en chef du *Pennsylvania Railroad*, a annoncé à la session de Londres (1895) du *Congrès des chemins de fer*, qu'il avait, après étude pratique de la question, fait caler tous les bogies des locomotives à grande vitesse de cette Compagnie après avoir reconnu l'inutilité du jeu.

Quoi qu'il en soit, le déplacement, s'il n'est pas indispensable pour celles des locomotives de grandes lignes qui ne sont pas très longues, ne présente pas d'inconvénient à part une légère complication et peut faciliter à l'occasion le passage de la machine dans quelques courbes raides. En outre, il a pour effet, le rappel étant produit par des ressorts, *d'amortir les chocs latéraux* des boudins sur la voie. Les bogies construits récemment pour les grandes Compagnies françaises et anglaises, et pour la plupart des administrations du Continent comportent le déplacement latéral.

On donne aux bogies un déplacement latéral, dans chaque sens, de 15 à 50 mm.

Lorsque le bogie comporte un déplacement latéral, on ne saurait se dispenser de l'addition d'un mécanisme de rappel propre à le ramener dans l'axe de la machine dès que la cause de sa déviation latérale a cessé d'agir; autrement le pivot serait fou transversalement. Il faut d'autre part que ce mécanisme de rappel présente une certaine élasticité et n'oppose pas au déplacement transversal du bogie une résistance excessive. Si le rappel est trop raide, le bogie ne se déplace plus facilement et il ne s'écarte de la position moyenne que dans le passage de courbes très raides lorsque la machine vient à forcer violemment sur ses boudins ; le jeu transversal perd ainsi sa raison d'être et la machine ou la voie peuvent fatiguer beaucoup. Si au contraire le rappel est effectué par un système trop élastique et insuffisamment résistant, la machine n'offre plus assez de stabilité et prend, sur les glissières de bogie, un mouvement de lacet fatigant. Il y a donc un juste milieu à garder.

Ce mécanisme de rappel est souvent constitué par des ressorts hélicoïdaux

Digitized by Google

ou à lames placés transversalement, butant d'une part sur le châssis du truck, d'autre part sur le pivot (mach. anglaises, *Ouest*, *Est*, *Nord*) (fig. 724 à 726) ; ces ressorts, offrant la même résistance et étant butés au centre, tendent toujours à rappeler le bogie suivant l'axe de la machine. On a quelquefois employé à cet effet des rondelles de caoutchouc, mais les inconvénients dont nous avons parlé plus haut à propos des coussins Adams en ont

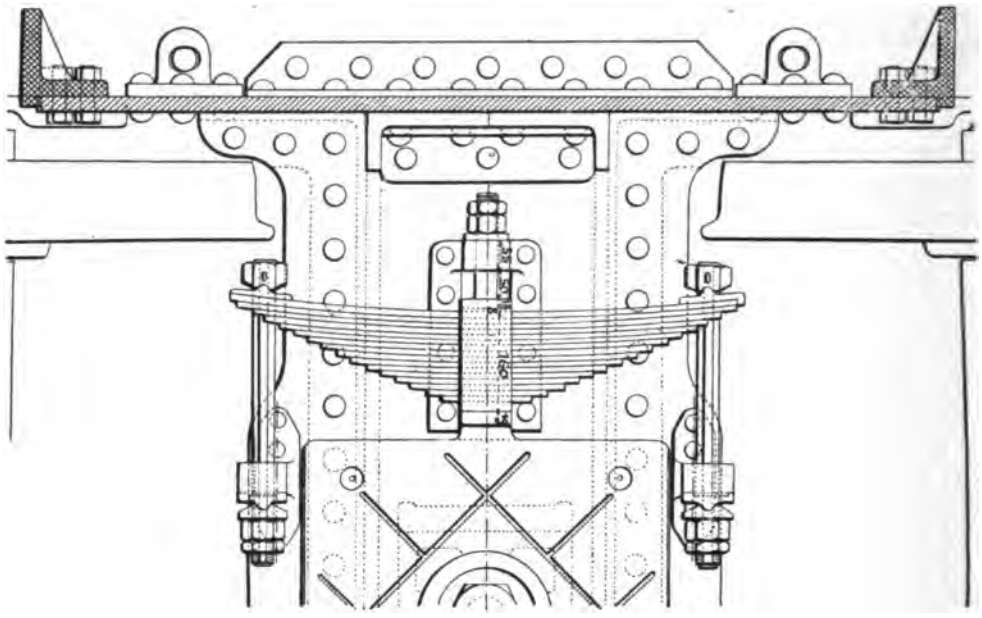


Fig. 724. — Détail du pivot et du rappel par ressorts à lames des locomotives à grande vitesse des *Chemins de fer de l'Est*.

fait abandonner l'emploi. On donne ordinairement aux ressorts de rappel une bande initiale variant de 1 200 à 1 500 kg.

Avec un tel système, le pivot repose sur une pièce en fonte, dressée, formant coulisseau, et qui s'applique sur des glissières transversales formées par l'arête supérieure de l'entretoise centrale du truck, rabotée. Quand le déplacement a atteint sa limite, ce coulisseau est arrêté par un butoir solidaire des entretoises. Il y a deux surfaces frottantes : l'une, entre le pivot et son support, sur laquelle s'opère le déplacement angulaire, l'autre formée par le coulisseau et des glissières, sur laquelle s'opère le déplacement rectiligne transversal.

La figure 726 donne, à titre d'exemple, la disposition de la traverse de support de la machine sur son bogie, du pivot, des coulisseaux et du mécanisme de rappel dans les locomotives du *Midland Ry*.

Le rappel peut être aussi opéré à l'aide de plans inclinés ou, ce qui revient au même, de menottes inclinées articulées d'une part au pivot, d'autre

Digitized by Google

part au châssis du truck (fig. 727; 728). L'énergie du rappel dépend alors de l'inclinaison de ces menottes ou des plans de contact; on peut la déterminer par le calcul en fonction de l'impulsion déviatrice imprimée par les rails au bogie quand la machine entre en courbes, si l'on connaît cette

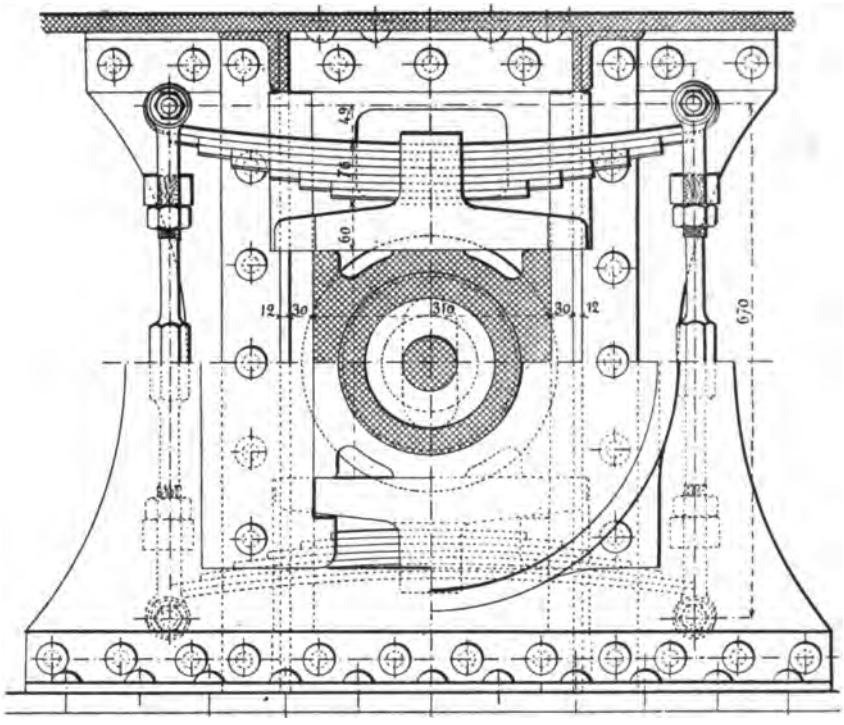


Fig. 725. — Plan du pivot du bogie et du mécanisme de rappel dans les locomotives mixtes (série 2301-2304) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

impulsion, facile à calculer d'ailleurs. On peut aussi le déterminer directement en vue de produire un effort latéral de rappel compris entre 1 200 et 1 500 kg. On doit prendre pour le coefficient de frottement des plans inclinés, dans l'hypothèse qu'ils sont bien graissés, la valeur de 0,05.

Avec de tels dispositifs, le rappel est produit par la gravité; quand le bogie se déplace transversalement, il éprouve une résistance d'autant plus grande que l'inclinaison des menottes et des plans inclinés l'est elle-même.

Le rappel par plans inclinés est peu usité. On en trouvera un bon exemple dans le bogie adopté par la Compagnie ***P.-L.-M.*** pour ses locomotives à grande vitesse (fig. 737). Le rappel par menottes constitue au contraire le système le plus répandu; il est seul employé aux Etats-Unis et s'est développé en Angleterre depuis quelques années. Il est d'un emploi fréquent sur le Continent européen.

Digitized by Google

Le rappel par menottes est, en effet, le plus simple de tous et le moins coûteux d'établissement et d'entretien. On lui reproche parfois d'être d'un fonctionnement moins doux que le système à glissières avec ressorts latéraux,

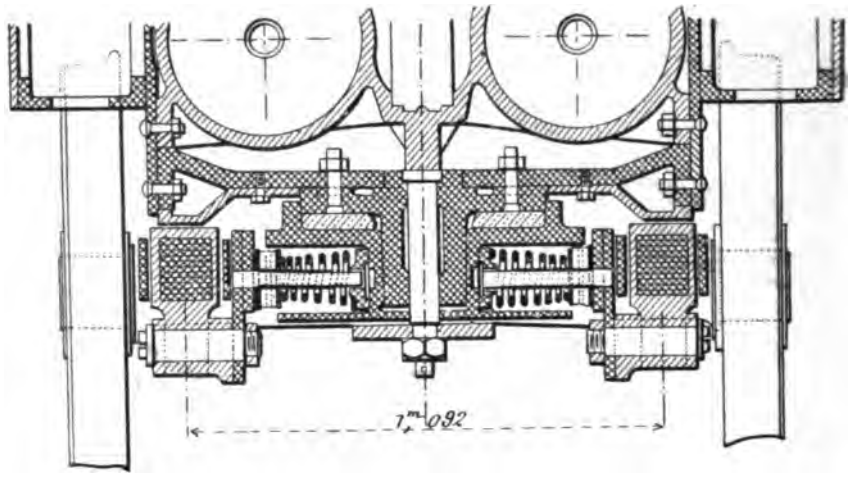


Fig. 726. — Mode de support de la machine par son bogie et contrôle du jeu latéral (*Midland*).

mais il offre d'autre part cet avantage d'être d'un fonctionnement toujours certain, tandis que l'efficacité du premier dispositif est à la merci du graissage.

La suspension peut être effectuée comme celle des véhicules ordinaires à

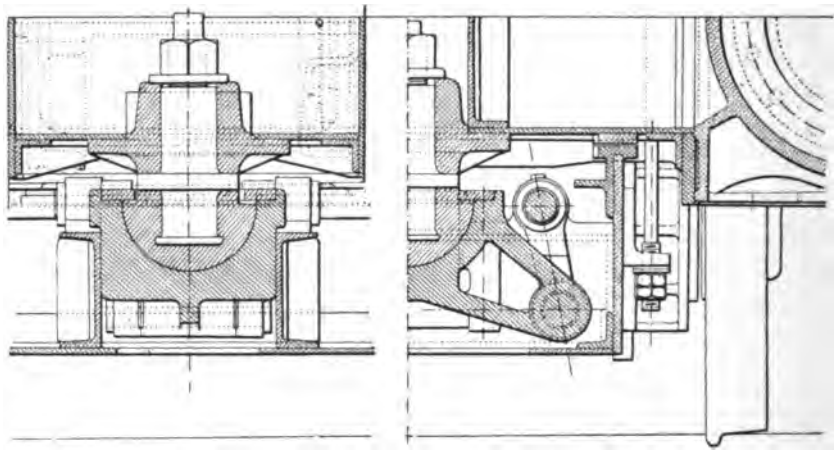


Fig. 727. — Pivot de bogie et rappel par menotte des locomotives à grande vitesse de l'*État saxon*.

l'aide de quatre ressorts (fig. 729), placés au-dessus des boîtes, indépendants ou reliés par des balanciers latéraux. On préfère souvent la disposition américaine dans laquelle la charge est transmise aux boîtes, de chaque côté, à l'aide d'un ressort unique, renversé, dont le milieu articulé au châssis cor-

Digitized by Google

respond au plan médian transversal du bogie, et dont les extrémités sont reliées par de petites menottes à un balancier à deux flasques reposant par ses bouts sur les dessus de boîtes (fig. 730).

Ce mode de suspension, outre qu'il est simple, a l'avantage de désintéresser complètement le châssis du bogie des efforts dus à la gravité et aux réactions de la voie ; et à assurer sur les boîtes une répartition invariable ; ce châssis ne sert plus qu'à maintenir l'invariabilité des axes. On en trouvera un exemple sur les bogies représentés figures 730 à 734, 736, 737, 739.

Le pivot se trouvant, dans tous les bogies, situé suivant l'axe de la voie, il en résulte que, quel que soit le système de suspension, la charge sur les roues est égale des deux côtés, sous la réserve de la faible surcharge éventuelle due au déplacement transversal du bogie quand on a ménagé un jeu latéral. C'est d'autant moins un inconvénient que, lors du passage en courbes, le pivot se rapproche des roues extérieures et augmente légèrement leur charge, ce qui ne peut être qu'avantageux.

Dans les locomotives à cylindres extérieurs, le bogie est chargé par les entretoises réunissant les longerons par le travers des cylindres ; dans les machines américaines, cette entretoise est formée par une pièce en fonte, creuse constituée de deux parties venues de fonte avec chaque cylindre et réunie dans le plan médian de la machine par un joint (fig. 465). Chacune de ces parties porte une demi-embase sur laquelle vient se fixer le pivot, lui-même en fonte et creux.

Dans les locomotives à cylindres intérieurs, on place ordinairement sous les cylindres une large poutrelle transversale, en acier moulé ou forgé, sur les extrémités de laquelle viennent s'appuyer les longerons (fig. 726, 736). Les cylindres se trouvent ainsi désintéressés des efforts verticaux dus au poids de la machine et aux réactions du bogie. Toutefois, cette poutrelle est parfois difficile à installer vu le peu de hauteur dont on dispose, et quelques ingénieurs tendent à faire reposer directement, comme aux Etats-Unis, la machine sur son truck par l'intermédiaire d'un pivot venu de fonte avec les cylindres ou tout au moins fixé à ces derniers : telle est la disposition adoptée par le *Lancashire and Yorkshire Railway* (fig. 728), par la Compagnie de *P.-L.-M.* (fig. 737). Nous verrons plus loin une autre disposition, nouvelle et imitée de certains bogies de voitures, adoptée récemment par le *Great Northern Ry.*

La charge peut être transmise au bogie soit par son pivot lui-même, soit par des platines latérales s'appuyant sur les longerons du truck ou sur l'entretoise médiane de ces derniers. On peut employer simultanément les deux systèmes, la charge étant normalement transmise par le pivot et les platines latérales servant de butées pour limiter l'oscillation de la machine autour de son axe longitudinal.

Digitized by Google

Nous verrons divers exemples de ces dispositions.

Le châssis des bogies est placé à l'intérieur dans l'immense majorité des cas ; cependant les châssis extérieurs sont en faveur auprès de quelques Compagnies françaises (*Nord* et *Est*). Le *Great Western* est la seule Compagnie anglaise qui emploie des longerons extérieurs pour ses bogies,

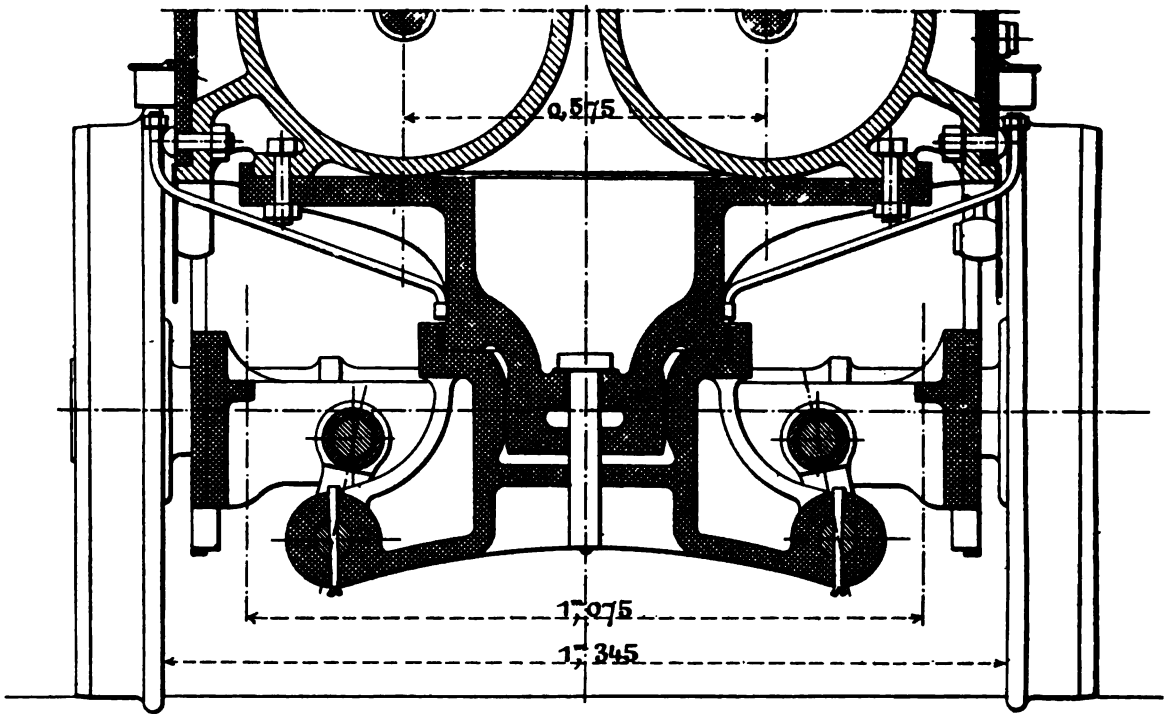


Fig. 728. — Montrant la disposition du rappel par menottes et du support de la machine sur son bogie (Locomotives à grande vitesse du *L. a. Y. Ry*).

encore est-il juste de faire remarquer que ces trucks sont eux-mêmes appliqués à des locomotives à châssis extérieur.

On trouvera, figures 729 à 743, quelques types de bogie, pour la plupart de construction récente, intéressants par leurs dispositions générales et résumant assez complètement dans leur ensemble la pratique générale.

Bogie du Great Northern Railway. — Comme exemple de truck articulé sans déplacement latéral, nous citerons celui des locomotives à grande vitesse et à bogie, à roues libres de 2,48 m., du *Great Northern Ry* (fig. 73), représenté figure 729, appliqué par M. P. Stirling dès 1870. Ce type de machine, très puissant pour l'époque, n'a subi dans la suite que des modifications insignifiantes.

Ce truck est à châssis intérieur ; il est chargé directement, par les longerons de la machine qui se trouvent exactement au-dessus de ceux du truck,

Digitized by Google

par l'intermédiaire de platines. On a pu ainsi se dispenser de placer une traverse de support.

Le pivot ne sert que d'axe d'oscillation ; pour faciliter l'inscription en

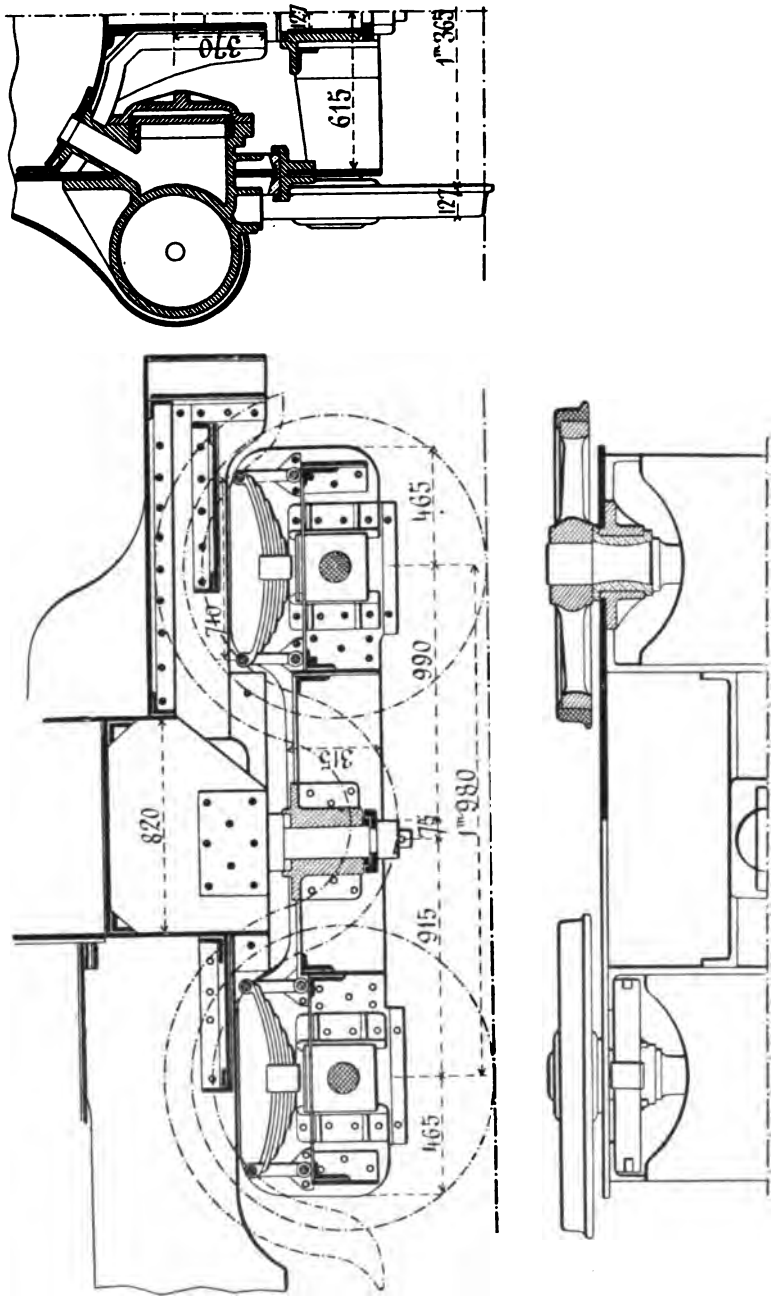
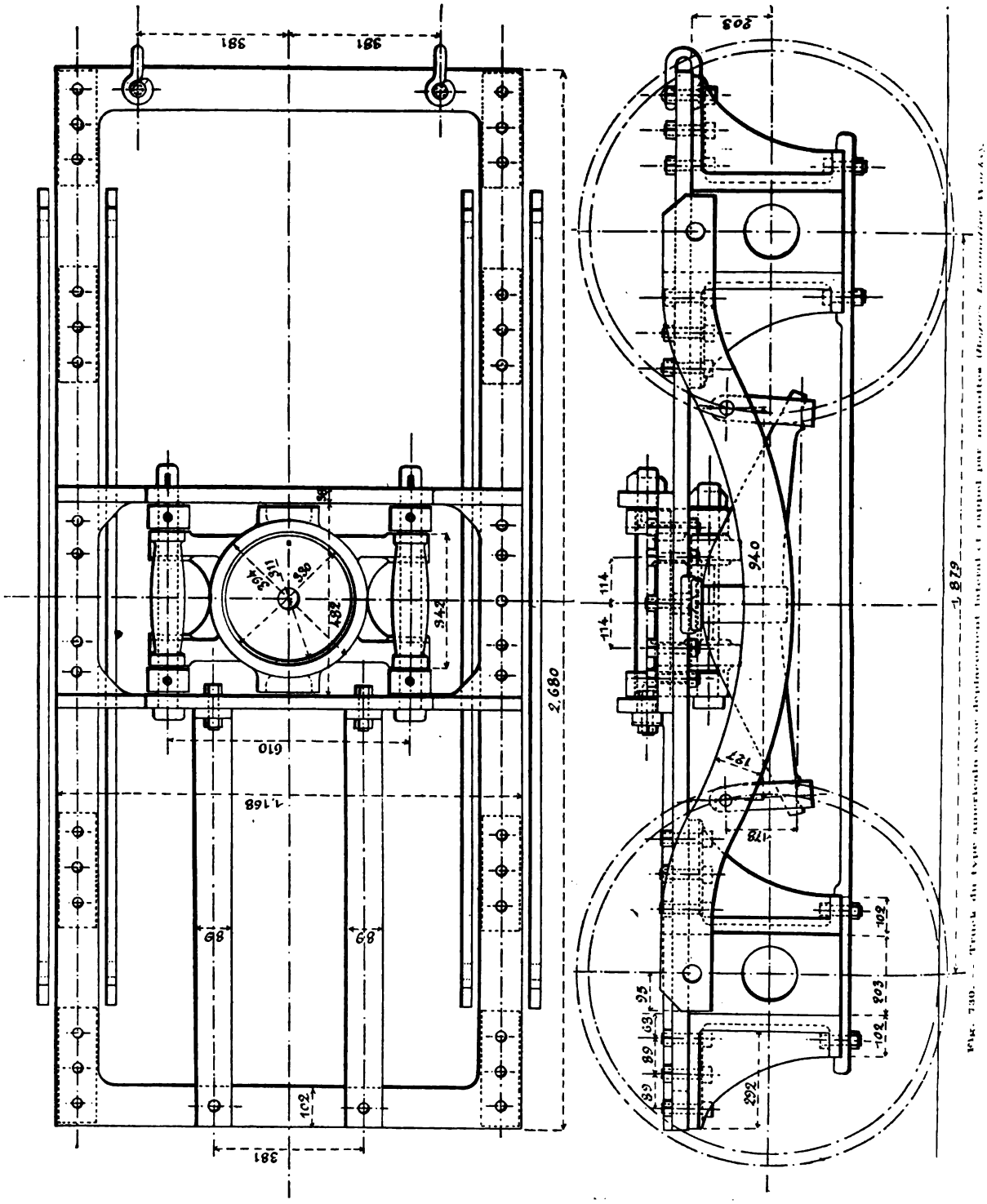


Fig. 729. — Bogie des locomotives à grande vitesse et à roues libres du *Great Northern Railway*.

courbes, il est reporté à 0,075 m. en arrière du centre de figure. La partie supérieure de ce pivot est constituée par une plaque rectangulaire rivée

Digitized by Google



entre deux tôles parallèles à l'axe de la machine solidement fixées au

Digitized by Google

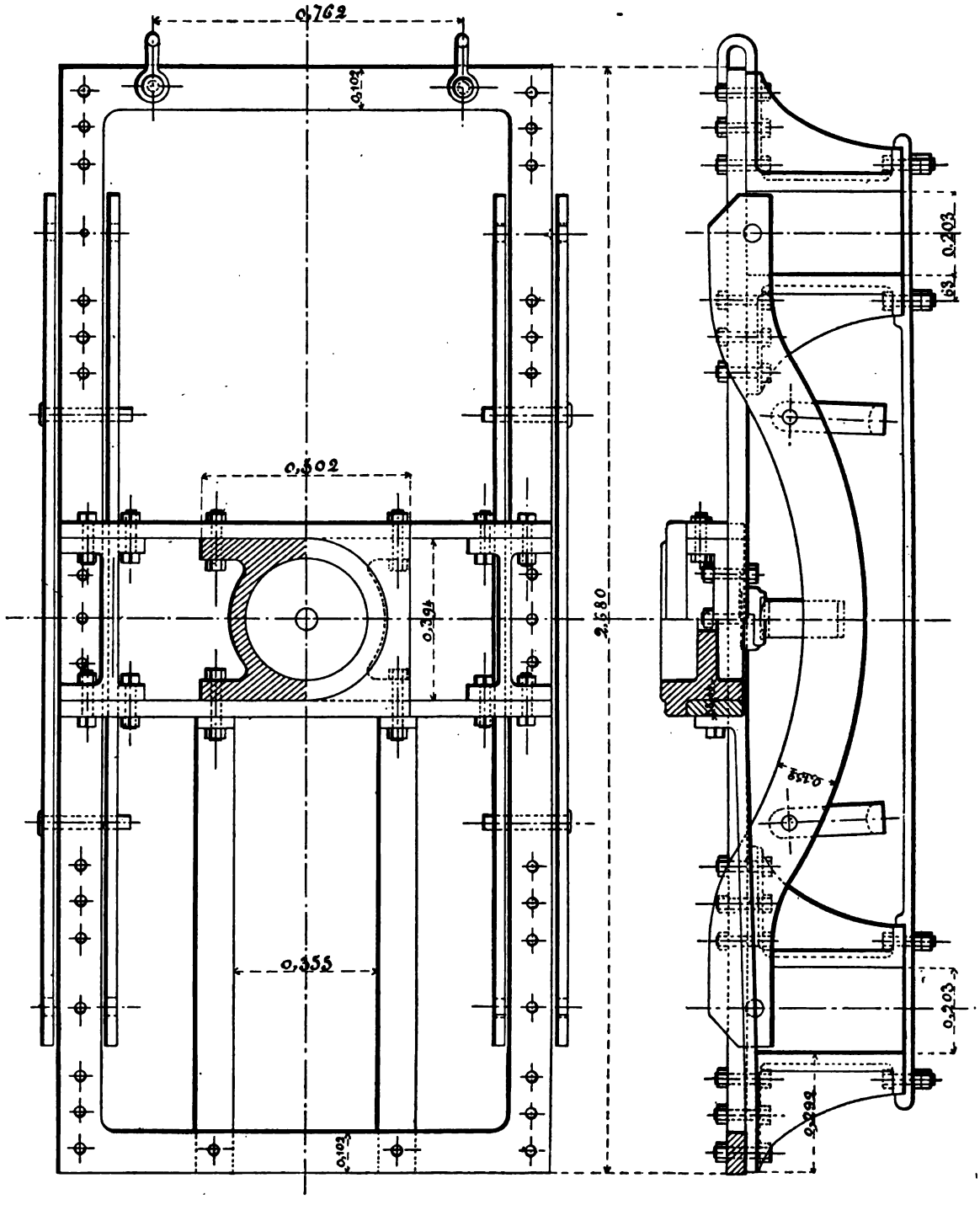


Fig. 731. — Truck du type américain sans déplacement latéral (*Rogers Locomotive Works*).

massif entretoisant les cylindres. A la partie inférieure, il pénètre à frottement doux dans une douille solidaire du truck à laquelle elle est fixée par

Digitized by Google

deux longeronnets médians venant se river à l'avant et à l'arrière, sur les entretoises du bogie.

La suspension est effectuée par quatre ressorts indépendants placés au-dessus des boîtes. Les longerons sont entaillés au droit des roues pour permettre leur déplacement latéral.

Bogie du type américain (fig. 730-732). — Ce bogie, construit dans les ateliers de *Rogers*, est d'un type adopté depuis longtemps par la plupart des Compagnies américaines. Il est à déplacement latéral avec rappel par menottes. Le châssis intérieur est composé de barres en fer forgé, assemblées par des

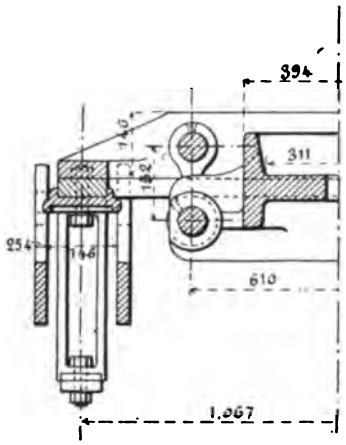


Fig. 732. — Demi-coupe transversale du truck représenté fig. 730.

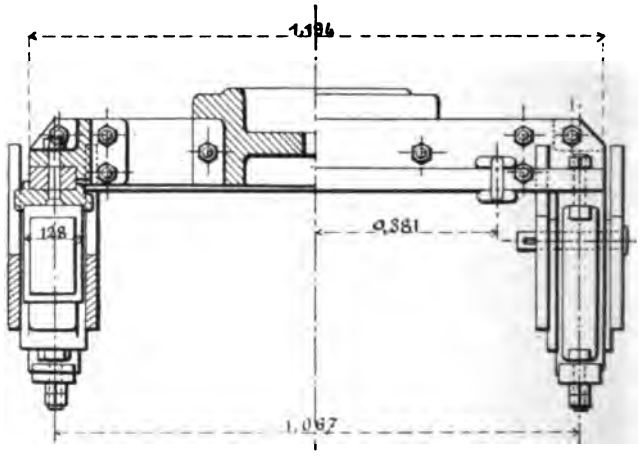


Fig. 733. — Coupe transversale du truck représenté fig. 731.

boulons. La charge lui est transmise par le pivot, solidaire du massif en fonte entretoisant les deux cylindres reposant sur une douille, suspendue par deux menottes inclinées aux deux entretoises parallèles, placées au milieu et qui l'embrassent et la guident latéralement. La suspension est effectuée des deux côtés par un ressort renversé chargé par la partie supérieure de sa bride qui s'encastre dans une platine rivée sur le dessous du longeron du truck et qui reporte la charge sur les boîtes par l'intermédiaire d'un balancier longitudinal à double flasque entre lesquelles il se place.

Un boulon de sécurité est placé dans le pivot et empêche la machine de se soulever au delà d'une assez faible quantité sans entraîner son bogie.

Le bogie sans déplacement latéral (fig. 731-733) n'est qu'une simplification du précédent; les menottes sont supprimées, le support du pivot repose directement sur l'entretoise du châssis du truck.

Bogie des Chemins de fer méridionaux (Italie), (fig. 734). — Ce bogie est une appropriation européenne du truck américain. Les longerons sont en tôle et entretoisés par des traverses en acier. Le pivot est en fonte ainsi

Digitized by Google

que son support formé par une douille suspendue à l'aide de quatre menottes aux entretoises du truck. La suspension est du type américain.

Les longerons de la machine sont entretoisés, par le travers des cylindres, au moyen d'une forte pièce creuse, en fonte, à nervures, dont le pivot fait partie.

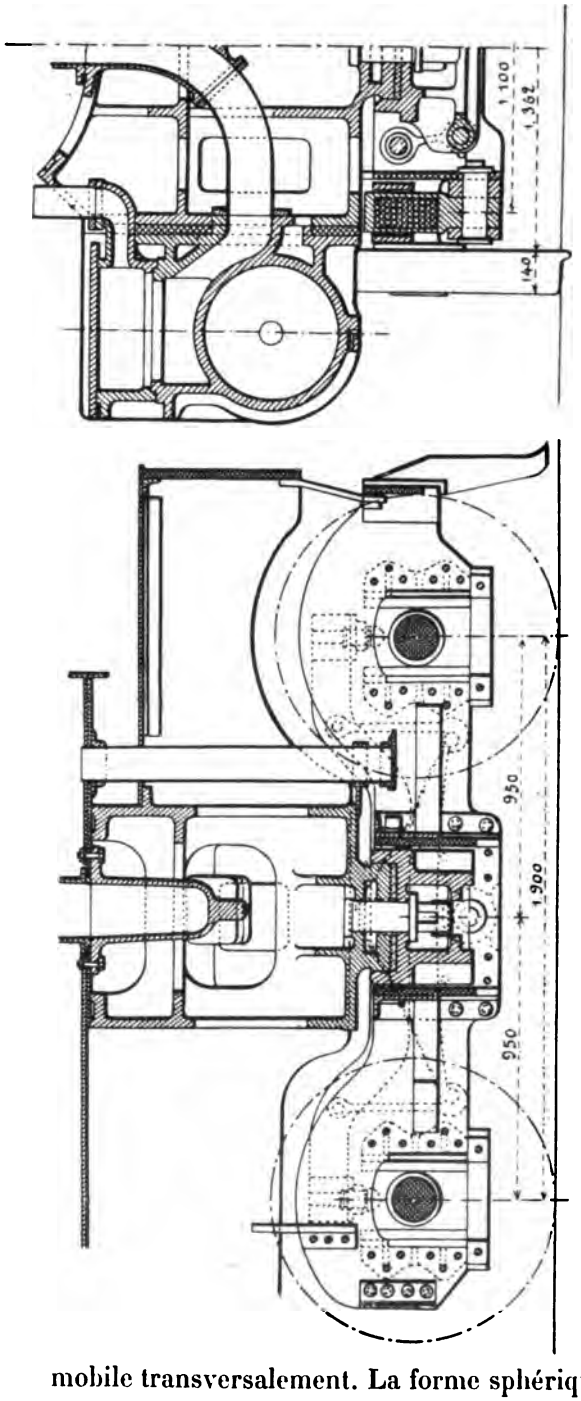


Fig. 134. — Bogie des locomotives à grande vitesse des *Chemins de fer méridionaux* (Italie).

Bogie des chemins de fer de la Méditerranée (Italie), (fig. 735). — Ce bogie, appliqué aux locomotives à six roues accouplées et à bogie (fig. 191), est aussi à rappel par menottes, mais il présente quelques particularités, outre le faible écartement de ses essieux (1,20 m.) limité par suite de la très grande longueur de la machine. La traverse du bogie porte un pivot à tête hémisphérique, qui supporte le poids de la machine, par l'intermédiaire d'un chapeau de même forme. Sur ce dernier agissent quatre menottes verticales, dont la partie inférieure est articulée aux entretoises des longerons de la machine qui le guident. L'ensemble constitue quelque chose d'analogue au système du bogie précédent, mais c'est le pivot qui est mobile transversalement. La forme sphérique du pivot lui permet de se plier aux diverses inégalités de la voie.

La stabilité transversale serait insuffisante, avec un semblable système, si

Digitized by Google

l'on n'avait pris la précaution d'empêcher le roulis de la manière suivante. De part et d'autre du pivot, mais à un niveau inférieur, se trouvent deux ressorts en spirale, verticaux, sur lesquels agissent, à la compression, deux chandelles qui viennent au moyen d'un talon buter contre la traverse de la

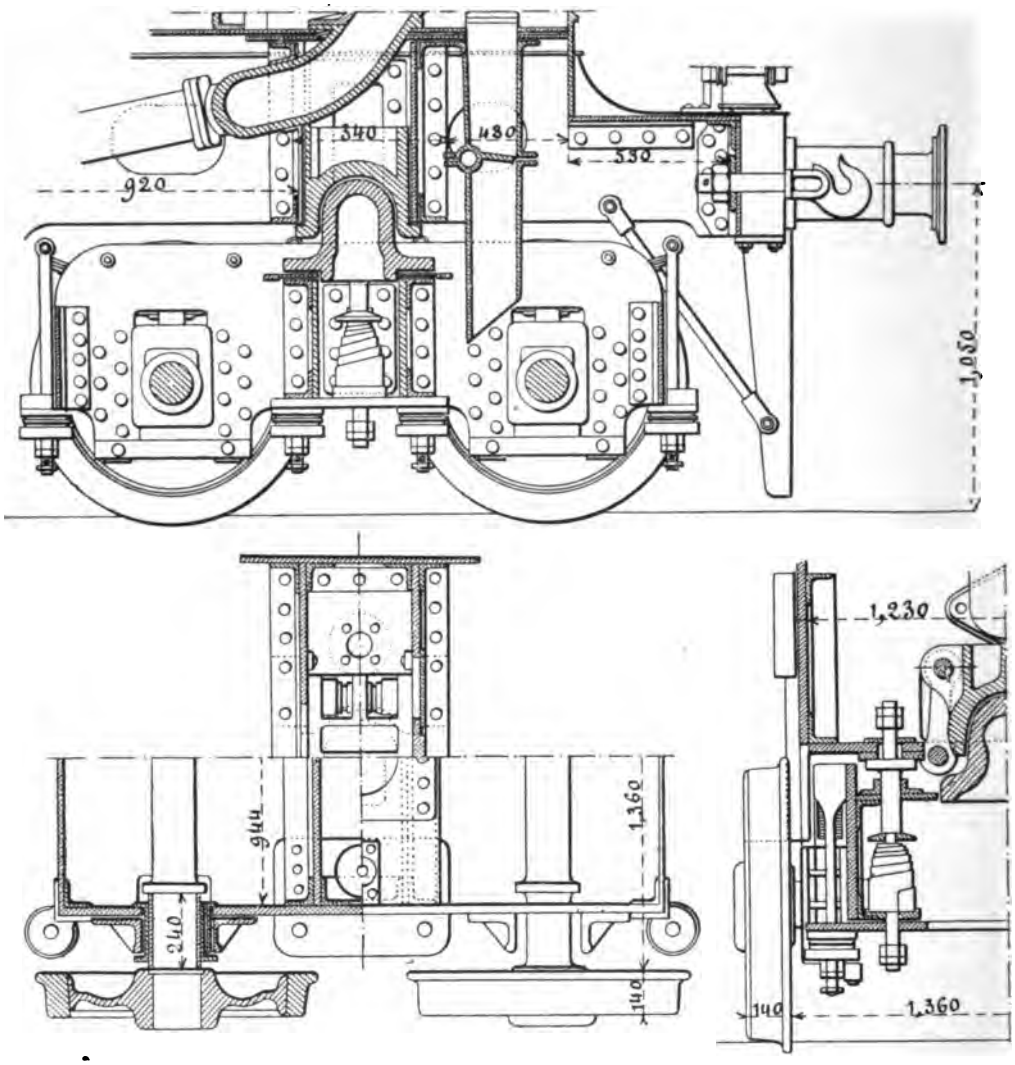


Fig. 735. — Bogie des locomotives à six roues accouplées des *Chemins de fer de la Méditerranée* (Italie).

machine, située immédiatement au-dessus. Ces ressorts ont une bande initiale, de façon à caler l'ensemble.

Bogie de la Compagnie de l'Ouest (fig. 736). — Ce bogie nous fournira un exemple d'une classe très répandue de bogies dans laquelle la suspension est

Digitized by Google

opérée à l'américaine tandis que le rappel est effectué par des ressorts disposés horizontalement.

Le châssis est formé de deux longerons en acier, ayant 25 mm. d'épaisseur. Une traverse à l'avant reçoit les chasse-pierres. Les longerons sont reliés par une pièce en acier coulé, sur laquelle repose un support de pivot également en acier. Ce support a la forme d'un plateau ; sa partie inférieure glisse dans une rainure transversale, tandis que la partie supérieure reçoit le pivot. Le déplacement transversal, contrôlé par un ressort à lames de chaque côté, peut atteindre 0,050 m. Les ressorts ont une tension initiale de 1 400 kg. et une flexibilité de 0,025 m. par tonne.

L'axe du pivot se trouve déporté de 0,05 m. sur l'arrière, par rapport au centre de figure du bogie, afin de faciliter l'inscription du truck dans les courbes.

Les longerons ont été munis, au droit des essieux, de pièces en fer formant butées, afin de limiter le pivotement du bogie dans les cas accidentels.

Les essieux du bogie sont chargés, de chaque côté, par un ressort longitudinal commun, suspendu à des doubles flasques en tôle, dont les extrémités reposent sur les boîtes à graisse.

Ces dernières sont en bronze et leurs glissières en acier coulé.

La distribution de l'huile, dans les différentes parties du bogie, est assurée au moyen de rainures et de trous, dans lesquels débouchent des tuyaux partant de deux boîtes fixées à demeure.

Le bogie des nouvelles locomotives à six roues accouplées de la même Compagnie ne diffère pas matériellement du précédent. Toutefois (fig. 725), les deux ressorts de rappel sont reliés par des tiges réglables et travaillent tous deux quel que soit le déplacement.

Bogie de la Compagnie P.-L.-M. — Le type de bogie, adopté après quelques modifications de détail pour les dernières séries de machines à grande vitesse de la Compagnie de *Lyon*, est représenté figure 737. Le rappel est effectué par la gravité. Le truck supporte la machine en son centre de figure ; le pivot repose sur une crapaudine sphérique, qui tourne autour de son axe vertical en même temps que le pivot, en s'élevant le long de surfaces hélicoïdales sur lesquelles elle repose et qui peut en outre se déplacer transversalement par rapport au bogie en montant sur des plans inclinés à 15 0/0.

La suspension est effectuée à l'américaine à l'aide d'un ressort renversé placé de chaque côté et chargeant les boîtes par l'intermédiaire d'un balancier à deux flasques entre lesquelles il se trouve. Cette disposition assure une égale répartition de la charge sur les roues.

Digitized by Google

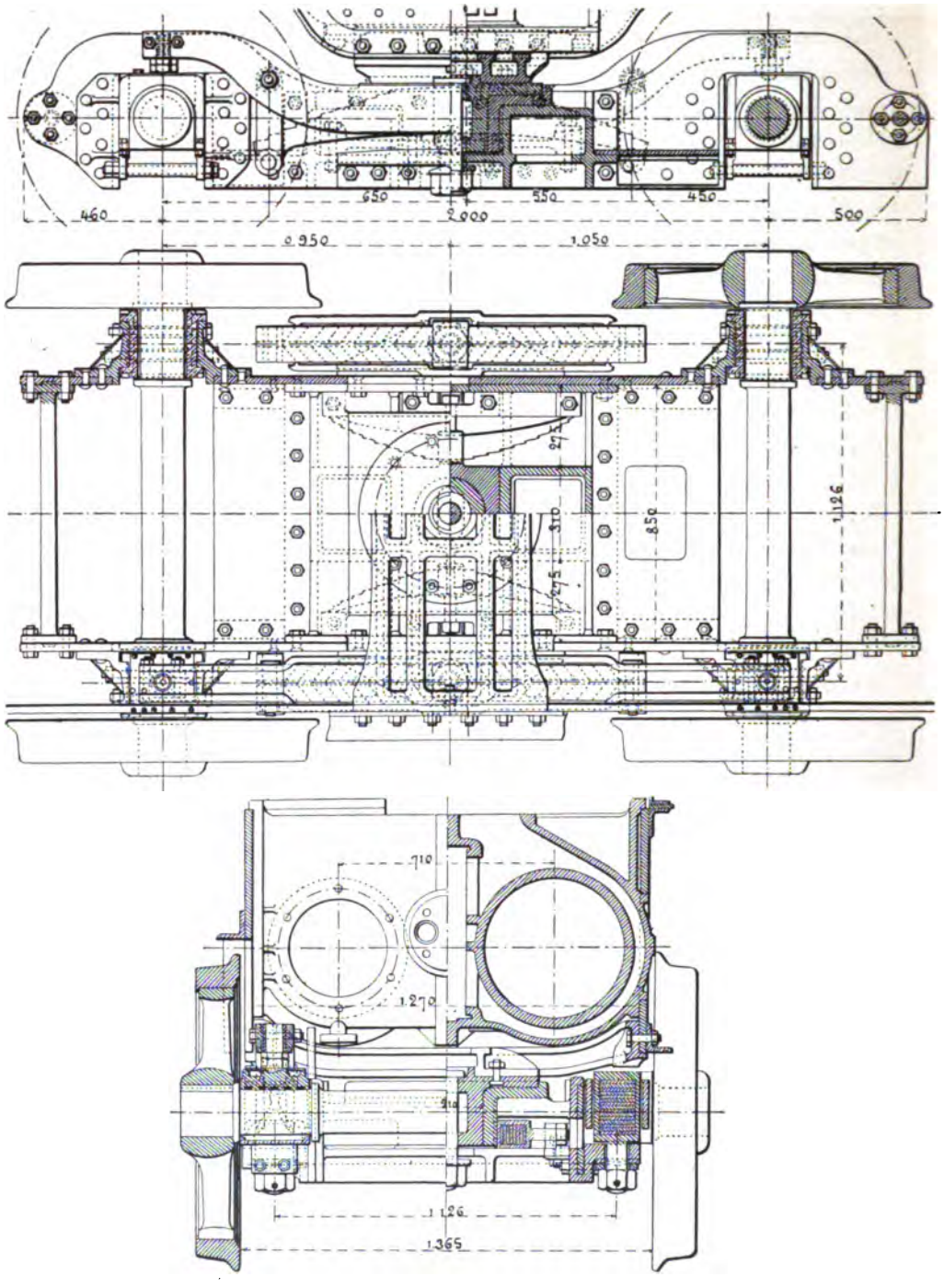


Fig. 736. — Bogie des locomotives à grande vitesse (série 951-990) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

Il est à remarquer que le châssis du bogie, recevant la charge de la loco-

Digitized by Google

motive et la transmettant aux ressorts en trois points situés dans le même plan vertical et à peu près à la même hauteur, serait fou autour d'un axe horizontal passant par ses deux points d'appui sur les ressorts, si on n'avait pas fixé sa position en le suspendant à la locomotive sur l'avant du pivot au moyen d'une bielle assez longue pour ne pas gêner la rotation du bogie autour de son pivot. Une seconde bielle, plus courte, relie le châssis du bogie à la locomotive sur l'arrière du pivot ; mais son articulation inférieure a assez de jeu pour qu'elle ne travaille qu'en cas de décollement du pivot et de sa crapaudine : c'est un organe de sûreté, qui remplit un rôle analogue à celui du boulon central, réunissant le pivot et la crapaudine, dans le bogie de beaucoup d'autres locomotives.

Bogie du South Eastern Ry. — La figure 738 représente un bogie d'un type spécial qui est adopté d'une manière générale pour les locomotives express et de banlieue du *South Eastern Ry.*

La charge est transmise par l'intermédiaire d'une crapaudine solidaire d'un massif en fonte, creux et nervé, servant à entretoiser, au milieu, les deux longerons du bogie qui sont extérieurs. En outre, deux bossages en fonte, placés en ligne avec le pivot et boulonnés extérieurement aux longerons du truck, reçoivent, par l'intermédiaire d'une rondelle en caoutchouc, une partie du poids et servent, comme nous l'avons vu dans un autre exemple, à prévenir le roulis.

Le jeu latéral est de 18 mm. : il est contrôlé par une sorte de parallélogramme horizontal, composé de deux tirants placés à l'arrière du pivot, et faisant entre eux un angle de 90° environ, qui agissent chacun sur une rondelle en caoutchouc, maintenue contre l'entretoise, puis par une menotte articulée à un boulon placé dans l'axe, en avant du pivot, et traversant l'armature du bogie dont elle est solidaire. Le parallélogramme, ainsi formé, a pour but de désintéresser le pivot des efforts horizontaux, qui pourraient tendre à amener un coincement et à entraver le déplacement latéral. Le rappel est opéré par les deux rondelles en caoutchouc.

La suspension est effectuée au moyen de quatre ressorts indépendants.

Les longerons, au lieu d'être entaillés pour permettre le déplacement transversal des roues du bogie, sont cintrés et ramenés vers l'axe de la machine.

Bogie du North Eastern Railway. — Le bogie représenté figure 739 a été appliqué à quelques locomotives à grande vitesse du *North Eastern Railway.* Il est du type usuel en Angleterre, mais présente cependant deux particularités importantes. La platine supportant le pivot se meut dans une glissière courbe ayant un rayon de 3,05 m. qui permet une certaine convergence et qui est

Digitized by Google

absolument disposée comme celle des boîtes radiales du système Webb. Le rappel est effectué par un ressort à pincettes, unique, placé dans l'axe et dont les brides reposent à la fois, quand le truck est dans l'axe, la machine se trouvant en alignement, sur le coulisseau du pivot et sur la tête d'une tige fixe solidaire du longeron et qui traverse le premier. Quand le bogie se déplace latéralement, le coulisseau vient forcer sur la bride qui se détache, du même côté, de la tige en question ; l'autre bride du ressort vient s'appliquer sur l'autre tige qui lui sert de point fixe.

Le châssis du truck est intérieur; les entretoises et glissières sont en acier moulé.

Les longerons de la machine ne sont pas entaillés pour le passage des roues du truck lorsqu'elles se déplacent latéralement. Le châssis est simplement rétréci à l'avant.

Bogie de la Compagnie du Nord. — Le truck représenté figure 740 appartient aux locomotives compound à quatre cylindres de la série 2 123-2 157 ; il diffère par plusieurs points, particulièrement par le déplacement latéral et son contrôle, du bogie appliqué antérieurement aux locomotives du type *Outrance*.

Les longerons du truck sont extérieurs et réunis au milieu par un double entre-

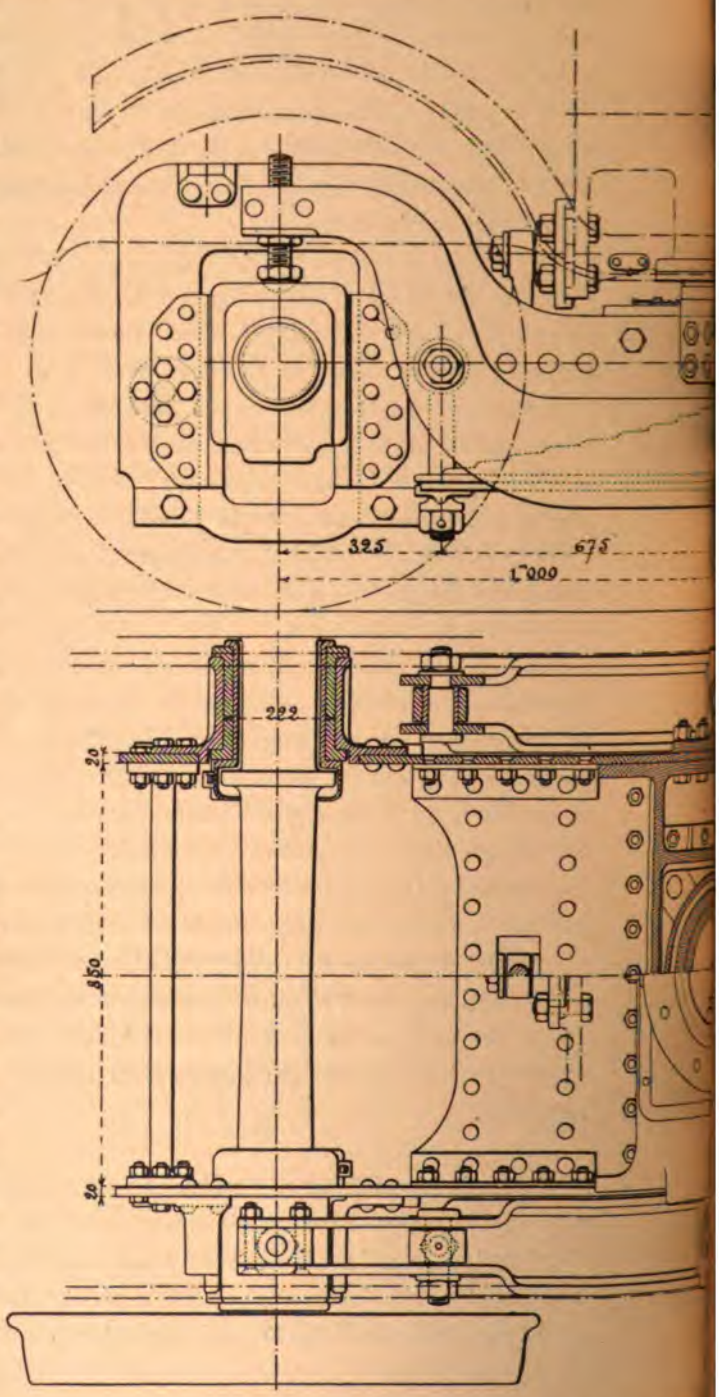
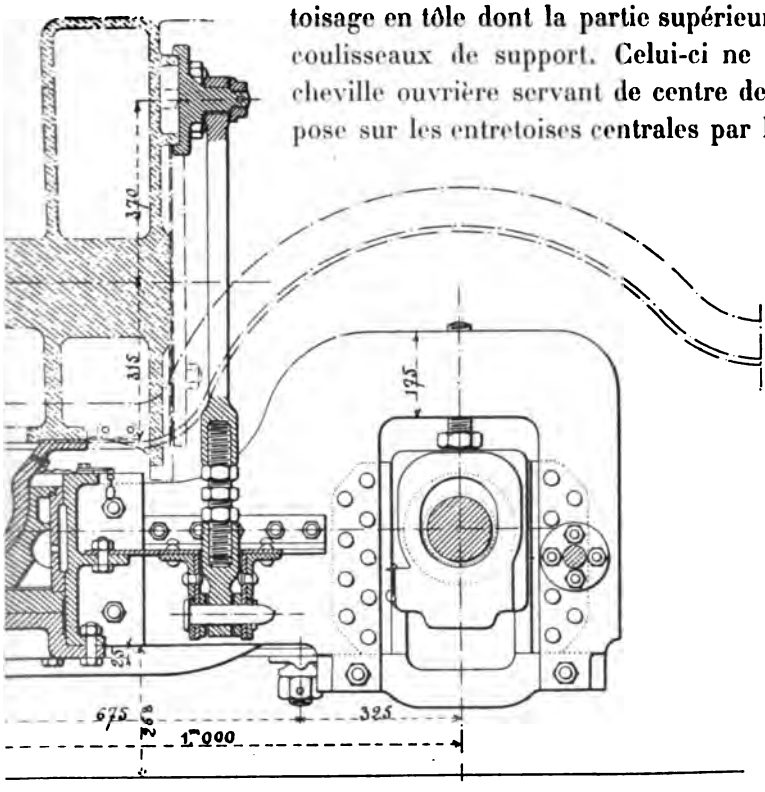
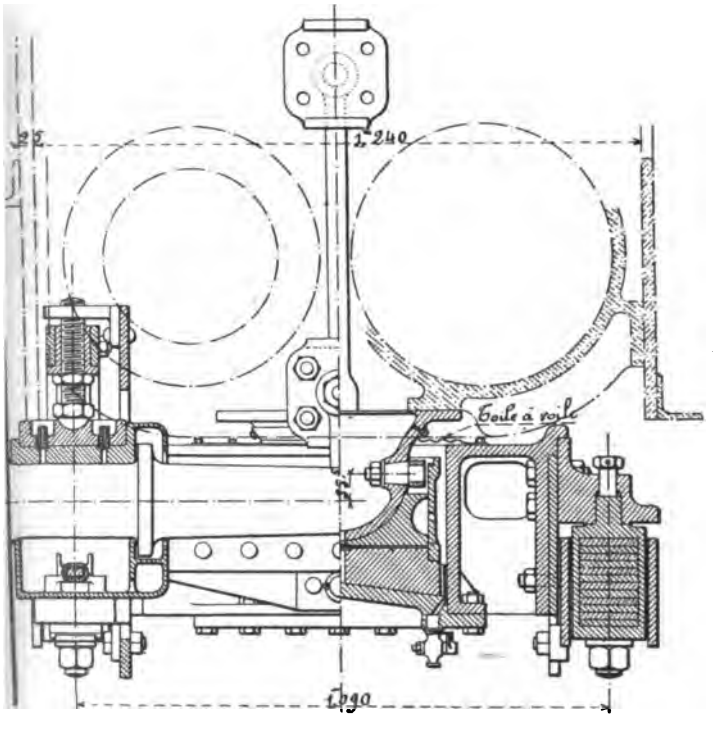


Fig. 737. — Bogie des locomotives compound à gr

Digitized by Google

toisage en tôle dont la partie supérieure forme glissière pour les coulisseaux de support. Celui-ci ne constitue qu'une véritable cheville ouvrière servant de centre de pivotement; la charge repose sur les entretoises centrales par l'intermédiaire de deux platines hémisphériques placées à 1,165 m. d'axe en axe et reposant sur deux coulisseaux en fonte pouvant glisser sur le dessus des entretoises. L'avantage de cette disposition consiste surtout en ce que les deux platines de support, se trouvant à peu près placées sur la verticale des deux longerons, supportent directement la machine par l'intermédiaire de ceux-ci sans qu'il soit besoin d'une traverse spéciale. On a cependant placé une tôle horizontale en travers, passant sous les patins des supports latéraux et sur laquelle est boulonné le pivot et qui est rivée avec les entretoises du châssis de la machine placées au-dessus.





Le déplacement latéral est réglé par deux ressorts hélicoïdaux placés transversalement suivant l'axe, qui butent d'une part sur les longerons du bogie, et d'autre part sur une douille en fonte que traverse le pivot qui sert de point fixe. Le réglage de ces ressorts peut se faire de l'extérieur.

esse (série C-21-60) des *Chemins de fer P.-L.-M.*

Digitized by Google

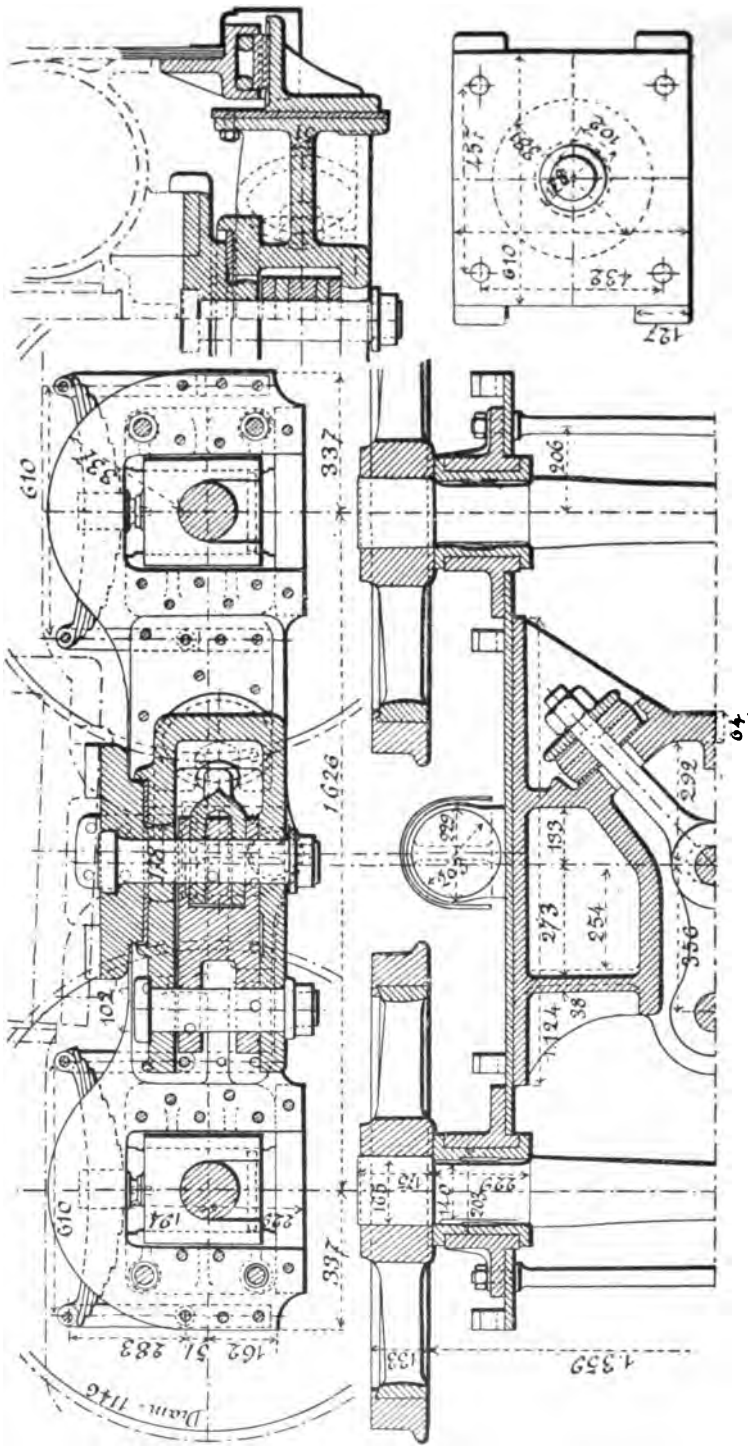


Fig. 738. — Bogie des locomotives à grande vitesse et de banlieue du *South Eastern Railway*.

Bogie de la Compagnie de l'Est (fig. 741-742). — Le bogie appliqué aux

Digitized by Google

locomotives à grande vitesse de la Compagnie de l'*Est* (Mach. 801-840) offre une disposition intermédiaire entre ceux des chemins de fer du *Nord* et de l'*Ouest* examinés plus haut. Les longerons sont extérieurs et la suspension est effectuée par quatre ressorts indépendants comme dans le premier, tandis

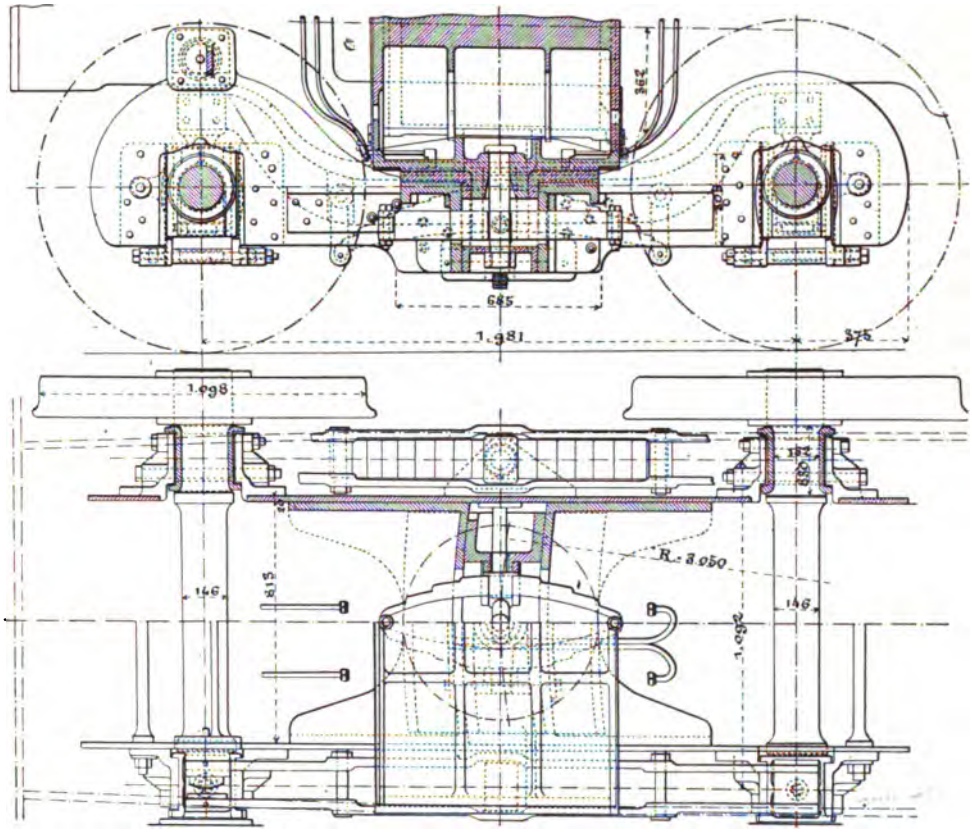


Fig. 739. — Bogie des locomotives à grande vitesse du *North Eastern Railway*.

que la charge est transmise par le pivot et le rappel opéré par des ressorts à lames comme dans le second.

Le pivot et la pièce de support de la machine sur le truck sont en acier moulé ; la double entretoise centrale du bogie est en tôles et cornières.

Les longerons sont évidés pour permettre le déplacement latéral des roues du bogie.

La figure 724 indique l'arrangement du ressort de rappel, placé de chaque côté du pivot et qui est à peu près disposé comme les ressorts de suspension, avec réglage sur les tiges de traction et sur la bride.

Bogie du Great Western Railway. — Ce bogie, représenté figure 743 et appliqué aux nouvelles locomotives à grande vitesse du *Great Western Ry*,

Digitized by Google

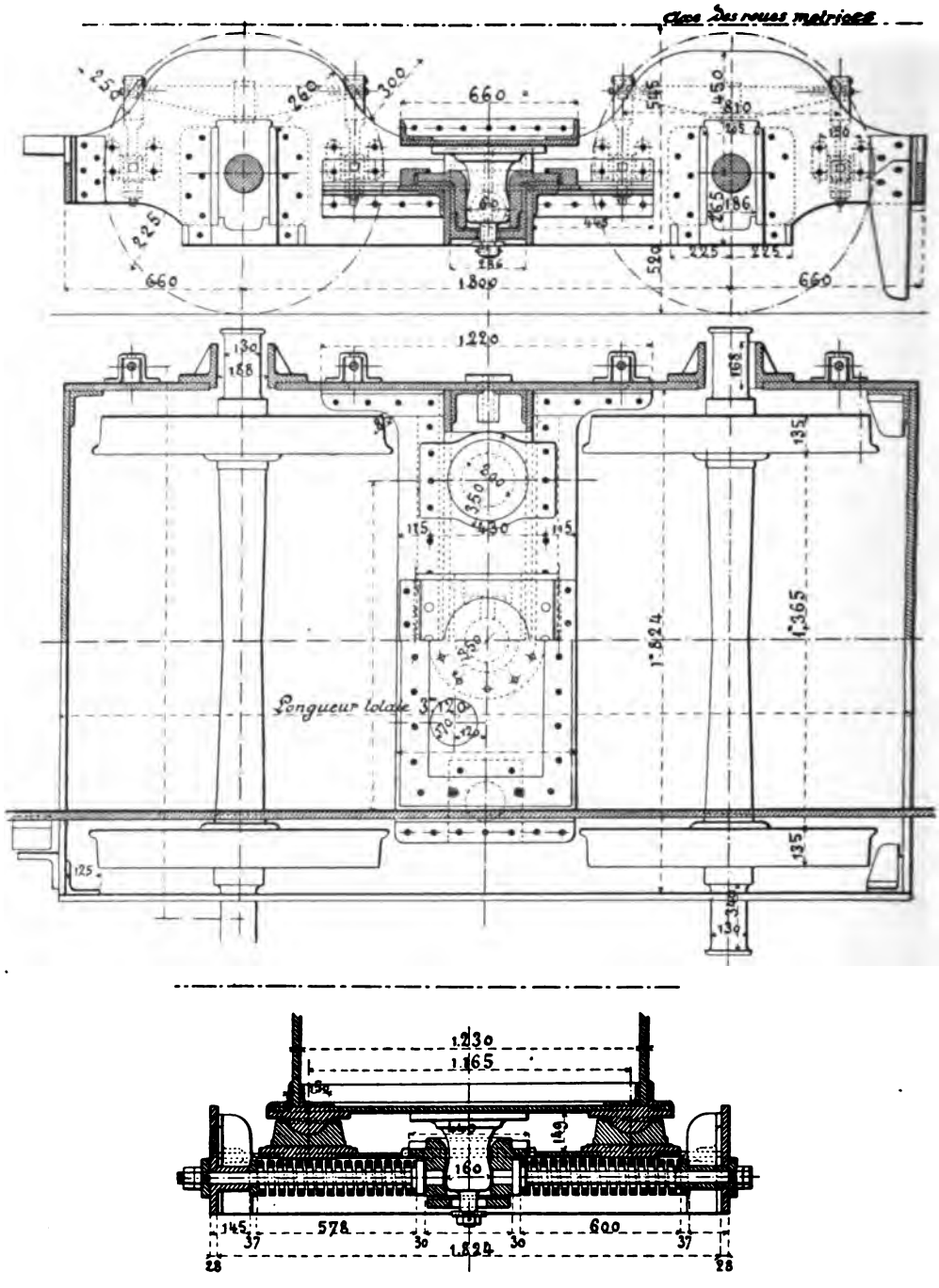


Fig. 740. — Bogie des locomotives compound à grande vitesse (série 2123-2175) des *Chemins de fer du Nord*.

présente quelques dispositions particulières nécessitées tout à la fois par le

Digitized by Google

diamètre relativement grand de ses roues (1,245 m.), et par le volume considérable des cylindres dont les boîtes à tiroir sont disposées vers le des-

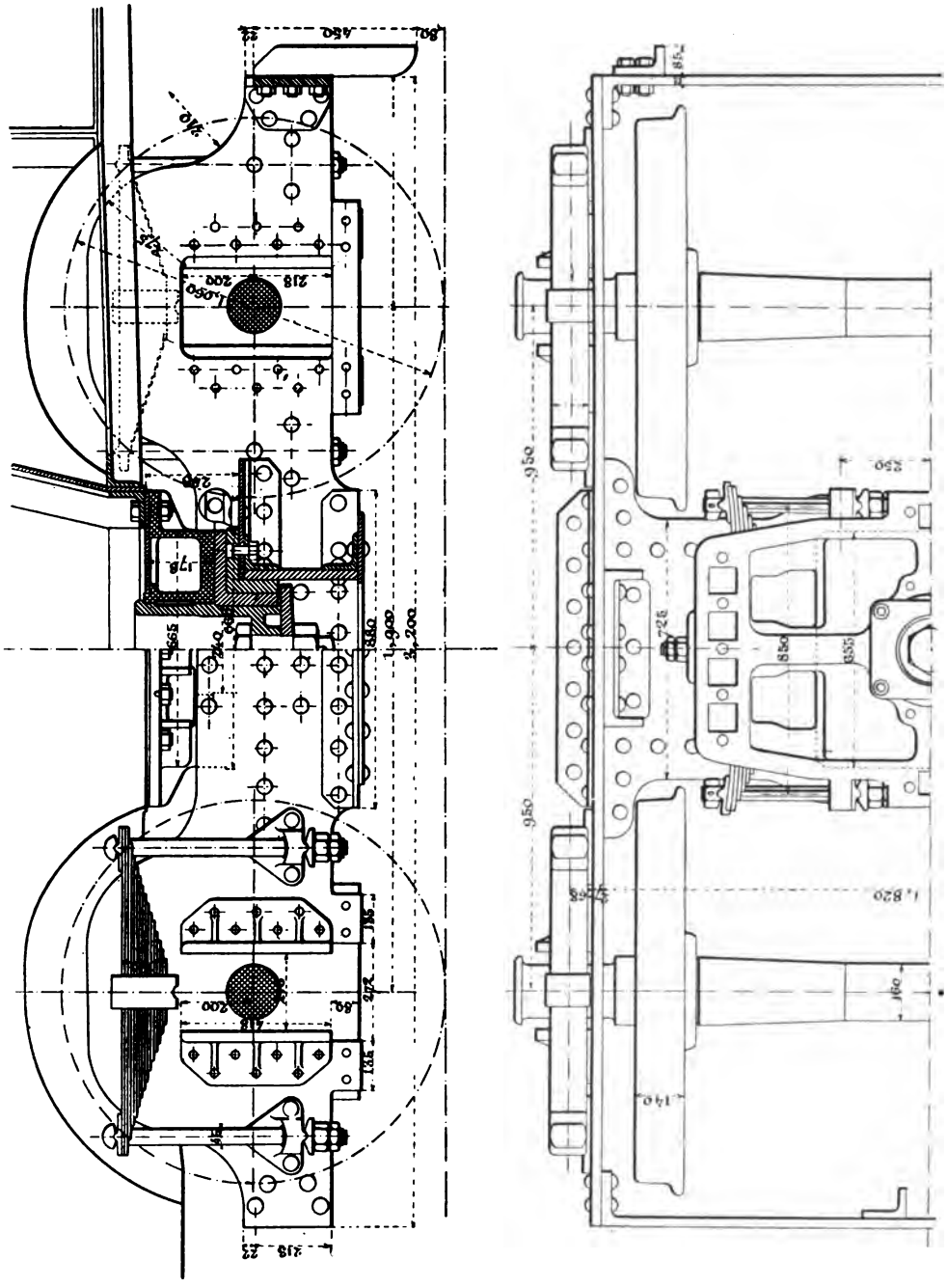


Fig. 741. — Bogie des locomotives à grande vitesse (série 800) des *Chemins de fer de l'Est.*

sous, ce qui rendait difficile l'installation de la traverse de support et du pivot. Cette difficulté a été tournée d'une manière ingénieuse et nouvelle.

Digitized by Google

La traverse du support, C, incurvée vers le bas, et située en dessous du pivot D qui se projette vers le haut, est formée de deux flasques parallèles en fer forgé terminées par des douilles circulaires, dans lesquelles se bou-

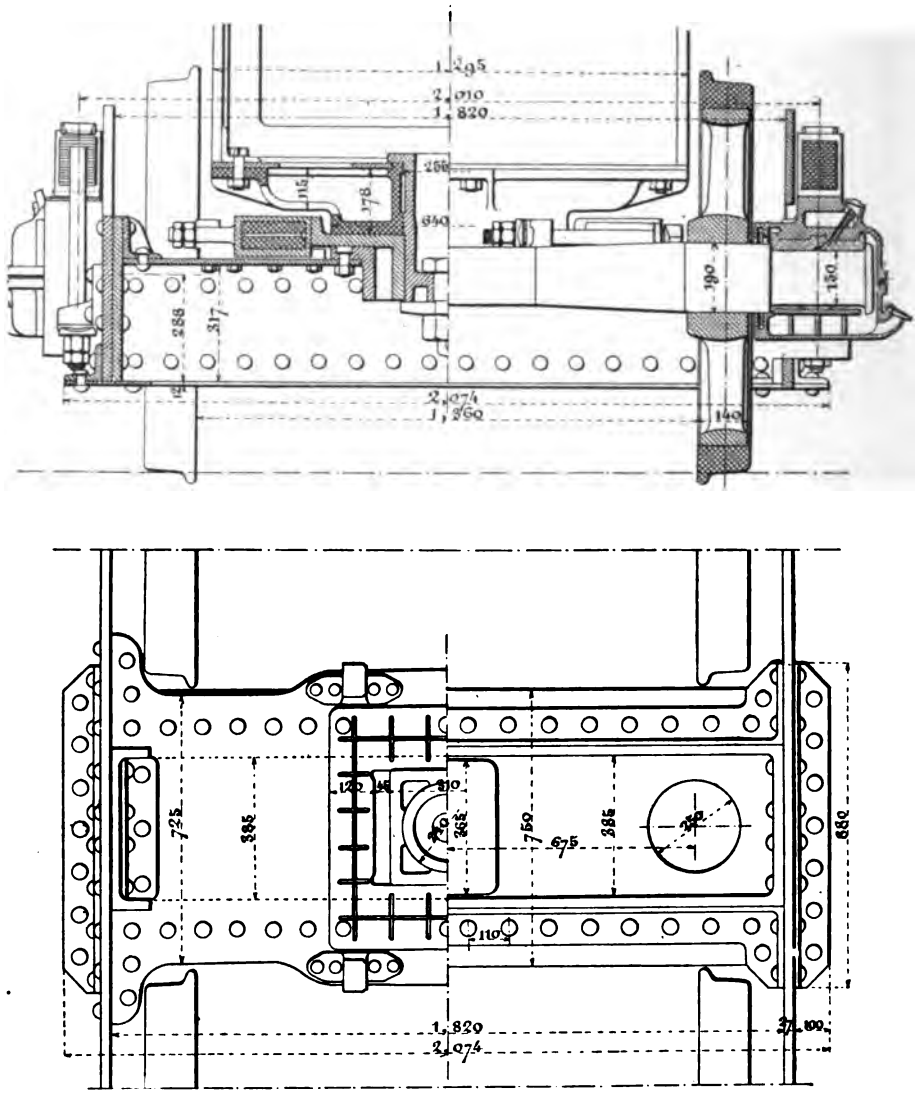


Fig. 742. — Coupes transversales et plan du bogie des locomotives à grande vitesse des *Chemins de fer de l'Est*.

lonnent les quatre chandelles B, rivées aux longerons de la machine et qui reportent le poids (environ 15 t.) sur cette double traverse. Entre les deux flasques C est rivé le pivot D qui traverse à frottement doux, par son centre, une rotule M formant un joint universel à l'intérieur du coulisseau N qui peut se déplacer transversalement d'environ 20 mm., de chaque côté de l'axe de

Digitized by Google

la machine, à l'intérieur d'une glissière ménagée dans la traverse centrale S du bogie, laquelle est en acier moulé. Des ressorts hélicoïdaux R R, venant buter d'une part sur ce coulisseau et d'autre part sur les entretoises P de la

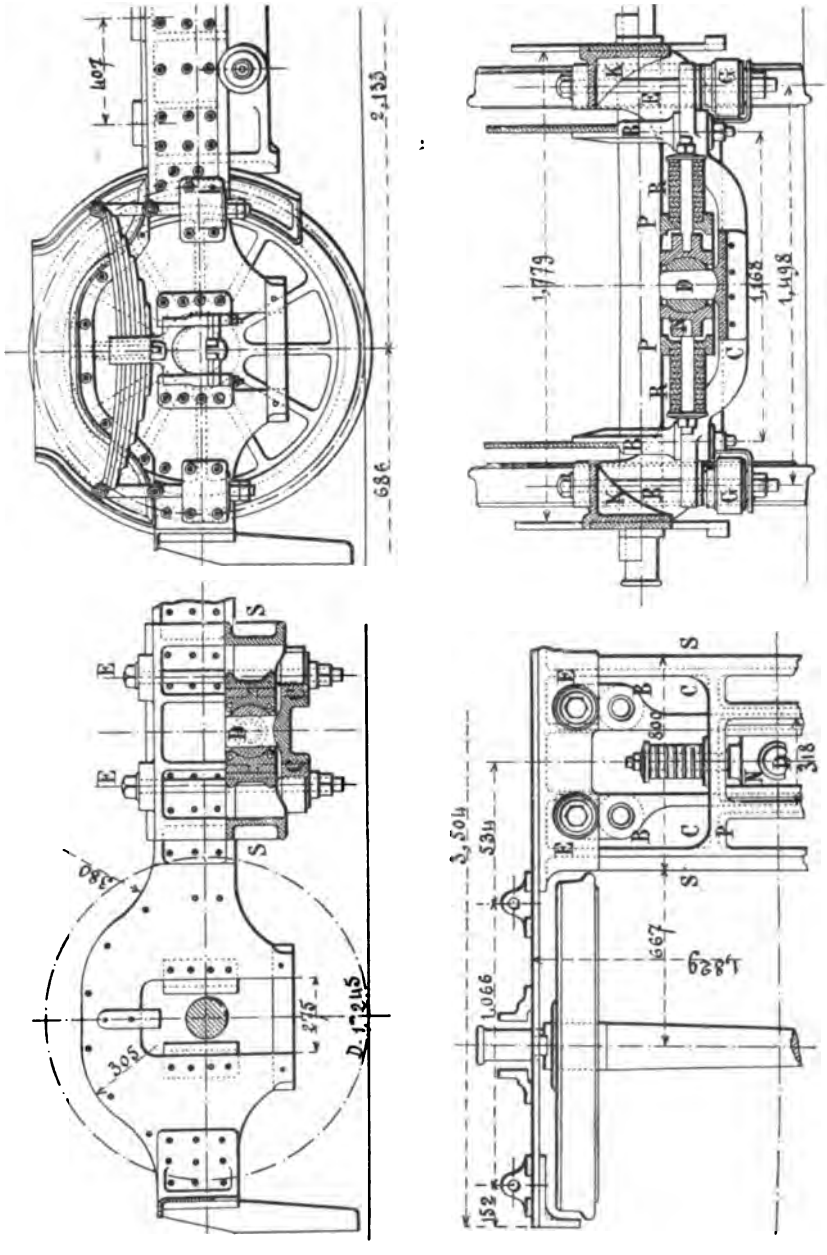


Fig. 743. — Bogie des locomotives à grande vitesse et à roues libres du *Great Western Railway*.

traverse précédente, rappellent normalement le système dans l'axe de figure du bogie et contrôlent le déplacement latéral du truck. Le coulisseau et la glissière dont nous venons de parler ne servent absolument qu'au guidage

Digitized by Google

et ne sont pas employés à transmettre à l'entretoise du bogie le poids de la machine. Ce but est rempli par les quatre tiges pendantes E, sur l'extrémité inférieure desquelles les traverses C viennent s'appuyer par l'intermédiaire de rondelles G en caoutchouc. Ces tiges, qui s'appuient sur les longerons du truck par les consoles K en acier moulé, sont libres d'osciller de part et d'autre, afin de permettre le jeu latéral du bogie ; leur obliquité, quand le pivot du truck s'est déplacé transversalement, contribue, avec les ressorts R, à rappeler le système dans l'axe. Grâce au rapprochement des chandelles B et des tiges de pression E, la traverse C du pivot est en grande partie désintéressée de l'action due à la charge de la machine, et peut avoir une section transversale assez faible, ce qui facilite son installation et celle du pivot dans l'espace restreint disponible entre le point le plus bas que permet le gabarit et le dessous des boîtes à tiroir. On voit que, grâce à ce dispositif, la partie la plus haute du bogie, dans l'espace compris entre les roues, correspond à peu près au plan tangent à la génératrice inférieure des essieux.

Pour permettre un tel arrangement, il a fallu renoncer à la disposition de suspension par balanciers longitudinaux et ressorts renversés, usuelle en Angleterre, et disposer les longerons du bogie à l'extérieur des roues. La suspension est effectuée par quatre ressorts indépendants placés au-dessus des boîtes.

Les ateliers Krauss, en Allemagne, ont muni un grand nombre de locomotives d'un dispositif spécial participant à la fois du bissel et du bogie et qui permet l'accouplement d'un des deux essieux composant le truck. L'essieu porteur fait partie d'un châssis pouvant pivoter autour d'une cheville ouvrière placée sur une entretoise des longerons ordinairement située par le travers des cylindres. Il constitue à lui seul un véritable train bissel. Le châssis de ce dernier se prolonge vers l'arrière, d'une quantité à peu près égale et son extrémité postérieure vient s'articuler, à l'aide d'un bouton sphérique, à une gaine enveloppant l'essieu accouplé avant et reliant invariablement ses boîtes. Cet essieu peut coulisser dans le sens de la longueur quand l'essieu avant se déplace latéralement ; comme il ne peut prendre aucun mouvement de rotation autour de son axe transversal, cette disposition ne prohibe pas l'accouplement ; les boutons d'accouplement des roues de cet essieu sont sphériques. Cette disposition est ingénieuse et fonctionne convenablement en pratique.

319. Accessoires du châssis. — Le tablier est constitué par une sorte de trottoir en tôle, supporté sur les longerons au moyen de consoles rivées, et destiné à permettre aux agents du service de circuler sur la machine et d'en faire le tour même pendant la marche. La largeur de ce tablier est limitée par le gabarit ; en France, la largeur totale de la machine ne dépasse guère

Digitized by Google

2,85 m. En Allemagne et aux Etats-Unis on va jusqu'à 3,00 m. ; en Angleterre, au contraire, la largeur totale excède rarement 2,45 m.

Le tablier doit être, autant que possible, uni et sans redans afin que le mécanicien ou le chauffeur, quand ils y circulent de nuit, ne soient pas exposés à buter et à tomber sur la voie. Cette condition est parfois difficile à réaliser, particulièrement si l'on tient à ce que les organes du mécanisme extérieur soient parfaitement accessibles, ce qui oblige à relever le tablier par le travers des roues motrices et accouplées. Dans les machines anglaises et dans les express de l'*Ouest* (953-990), qui ont tout le mécanisme intérieur, les tabliers sont parfaitement unis et horizontaux d'un bout à l'autre ; l'aspect de la machine est plus satisfaisant (voir fig. 4 et 5 ; 72 à 124).

La cornière du tablier qui raidit son bord extérieur offre quelquefois une grande hauteur ; certains constructeurs anglais lui donnent parfois jusqu'à 0,100 m., ce qui ajoute beaucoup de solidité au tablier et détermine une ligne générale bien accentuée, parfaitement horizontale, qui contribue beaucoup au bon aspect des machines et leur donne une apparence robuste et rustique (fig. 89).

La tablier rejoint la plate-forme du mécanicien qui s'étend à l'arrière et sur les côtés du foyer.

Dans la plupart des locomotives européennes, la hauteur du tablier correspondant à celle du dessus des traverses avant et arrière, les roues doivent les traverser au moyen d'entailles ménagées à cet effet. Si même ces roues sont de grand diamètre, il faut, pour livrer passage aux bielles d'accouplement ou relever le tablier au-dessus d'elles, ce qui entraîne à créer les redans dont nous avons vu qu'il était bon de se dispenser, ou, comme en Angleterre, disposer des boîtes analogues aux couvre-roues, placées au-dessus du tablier et dans lesquelles viennent jouer les bielles d'accouplement à la partie supérieure de leur course. Le tablier reste plus large que ces couvre-roues et droit, on peut circuler d'un bout à l'autre de la machine sans que le pied rencontre d'obstacle ni de changements de niveau. C'est la disposition la plus élégante (locomotives anglaises, machines à bogie de l'*Ouest*) ; elle ne nuit pas à l'accessibilité des têtes de bielles d'accouplement si l'on a la précaution de ménager, dans les couvre-bielles, des ouvertures semi-circulaires au-dessus du tablier. Elle ne convient, d'ailleurs, qu'aux machines à cylindres et distribution intérieurs.

Quand on relève le tablier pour faciliter l'accessibilité du mécanisme, on raccorde les parties occupant différents niveaux soit par des portions rectilignes à angle droit (fig. 19), soit par des arrondis de grand diamètre (fig. 8) ; la seconde disposition est la plus élégante, mais elle crée un certain danger pour le personnel qui peut y glisser quand il circule sur le trottoir surtout en marche, et tomber sur la voie. On y remédie d'ailleurs en plaçant sur ces

Digitized by Google

arrondis de petits emmarchements en tôle faisant saillie, sur l'avant et l'arrière.

Les Américains ont depuis longtemps supprimé les couvre-roues tout en donnant à leurs mécanismes la plus grande accessibilité, en relevant le tablier, fixé à la chaudière, de telle sorte qu'il passe au-dessus des roues motrices (fig. 209, 214, 217). L'abri se trouve ainsi surélevé; de ce dernier, on accède sur le trottoir, formé par le tablier, au moyen d'une porte ménagée dans la face avant de l'abri, sur le côté. Cela permet de faire des abris très larges sans que les agents soient exposés à sortir du gabarit et à être atteints par les ponts, pour se rendre sur le tablier. De plus la suppression des couvre-roues se traduit par une diminution de poids sensible.

Une telle disposition a déjà été adoptée en Europe, par les Chemins de fer de l'*Etat prussien* pour des machines à marchandises, et vient d'être appliquée par la Compagnie de l'*Ouest* à des machines de construction toute récente (2 301-304, 3 701-3 710) ayant des roues de 1,54 et 1,68 m. (fig. 34, 59). Il est à croire que cette disposition, assez avantageuse à certains points de vue, est appelée à se généraliser. La Compagnie d'*Orléans* a du reste, depuis quelques années, employé des tabliers relevés pour ses locomotives à six roues accouplées de 1,60 m. de diamètre, mais l'abri est en contre-bas et disposé comme dans les autres locomotives. Ce n'est là en somme que l'extension du tablier ordinaire à redans (fig. 42).

320. Couvre-roues. — Les roues des locomotives, dans les parties qui dépassent le tablier, sont recouvertes par des couvre-roues en tôle qui ont surtout pour objet de préserver le personnel du contact des roues en mouvement et de leurs bras, lorsqu'il circule en marche sur le trottoir de la machine.

Ces couvre-roues se font en tôle d'acier de 3 mm. environ d'épaisseur parfaitement planée; ils ont une forme semi-circulaire dont le centre est ordinairement un peu plus haut que celui des roues de manière à permettre de diminuer le volume des couvre-roues tout en laissant en haut le jeu voulu pour que, dans les oscillations transversales ou longitudinales de la machine, les boudins des roues ne viennent pas porter sur la tôle des couvre-roues (voir les différentes dispositions fig. 1 à 200).

On place au pourtour des couvre-roues une bande en laiton qui en dessine le contour et masque le joint des tôles verticales et de l'enveloppe cintrée. En France, cette bande est ordinairement formée par un boudin arrondi d'aspect un peu étriqué. Les Anglais la remplacent par une large bande en laiton posée à plat que l'on laisse polie ou que l'on peint suivant les cas et qui est d'un bien meilleur effet. Cette disposition, adoptée pour les récents express de la Compagnie de l'*Ouest*, contribue beaucoup à la belle apparence de ces locomotives (fig. 4).

Digitized by Google

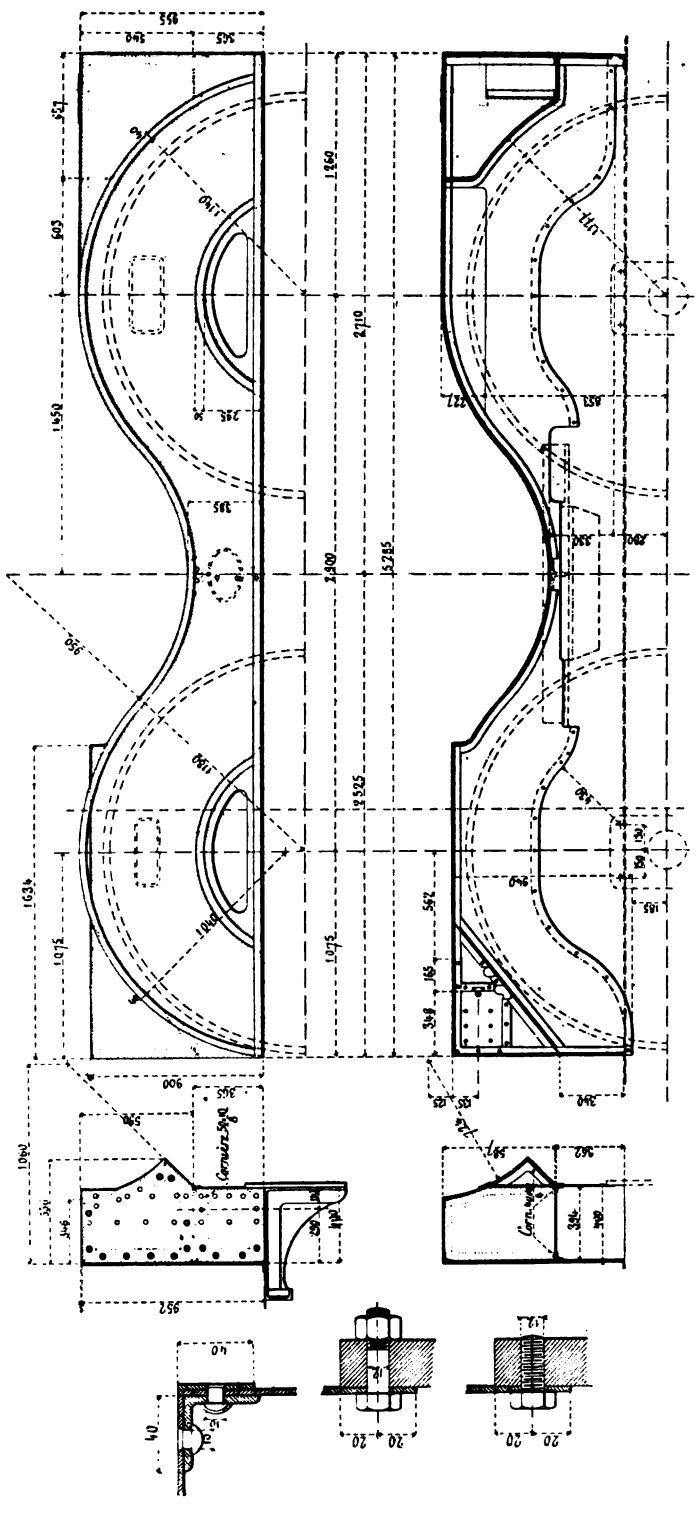


Fig. 744. — Type de couvre-roues. Locomotive à grande vitesse et à bogie (série 963-990) des *Chemins de fer de l'Ouest*.

On trouvera, figure 744, un dessin de ces couvre-roues, commun de chaque côté, pour les deux roues accouplées et pour la bielle qui les relie, circonstance qui a obligé à leur donner une largeur plus grande qu'il n'est usage d'ordinaire. De petites ouvertures semi-circulaires, percées dans les faces extérieures des couvre-roues et entourées d'un cercle en laiton, permettent de graisser les têtes de bielles d'accouplement quand celles-ci sont à la partie supérieure de leur course.

La sablière, partagée en deux fractions égales, est placée dans le couvre-roues avant et porte contre le corps cylindrique, vers l'intérieur. C'est une disposition sur laquelle nous avons insisté dans le paragraphe consacré aux boîtes à sable.

321. Chasse-pierres. — Les *chasse-pierres* sont des ap-

Digitized by Google

pendices, solidement fixés aux longerons, à l'extrême avant, et destinés, comme leur nom l'indique, à chasser du rail les obstacles qui pourraient s'y trouver et occasionner un déraillement. Pour remplir convenablement ce but, les chasse-pierres doivent se trouver à l'aplomb du rail et descendre assez bas pour que les obstacles capables par leur volume d'entraîner un accident n'échappent pas à leur action. Cependant, ils ne peuvent descendre assez bas pour venir porter contre le rail lorsque la machine oscille sur ses ressorts ou se trouve déréglée.

Les chasse-pierres se font en tôle ou en fer forgé ; ils sont boulonnés aux longerons et souvent réunis l'un à l'autre par une tringle transversale formant entretoise et maintenant leur écartement.

Dans les locomotives à bogie, les chasse-pierres sont le plus souvent fixés aux longerons du truck.

Dans la plupart des machines françaises, les chasse-pierres portent des colliers avec boulons permettant, en cas de neige par exemple, de placer des balais en bouleau nettoyant les rails.

Dans les locomotives américaines, comme dans toutes celles qui sont destinées aux pays neufs où la voie, peu surveillée, est exposée à se trouver occupée par des bestiaux ou des animaux sauvages, le chasse-pierres est remplacé par un appareil spécial appelé chasse-vaches ou *cow-catcher*, composé d'une sorte de soc en bois, à jour, très robuste, défendant l'avant de la machine et appelé à rejeter vers les bas côtés les animaux qui s'aventurent sur la voie lors du passage des trains (fig. 209 à 250).

322. Marchepieds. — Les marchepieds servent aux agents à monter sur la machine et à en descendre. On les place à l'arrière, vers l'extrémité postérieure de la rampe du mécanicien. Dans les locomotives à cylindres intérieurs, on place fréquemment un autre marchepied, de chaque côté, à l'avant des roues motrices (fig. 75, 83, 86, 102, 106, etc.), qui facilite aux agents l'accès du mécanisme et permet un graissage plus facile des glissières et des coulisses.

Il en est souvent ainsi dans les machines-tenders, même quand elles sont à cylindres extérieurs, afin que l'on puisse monter directement sur le tablier près des couvercles de prise d'eau des caisses.

En France et sur tout le continent, on a longtemps construit tous les marchepieds suivant le modèle que l'on voit figure 636. Les deux palettes sont maintenues et supportées au moyen d'écrous par deux tringles parallèles en fer forgé suspendues au tablier et fixées à ce dernier par des pattes. Les palettes portent du côté intérieur un rebord destiné à arrêter le pied et à l'empêcher de glisser. Ce type de marchepied est assez compliqué et d'une exécution coûteuse. Il prend, en outre, rapidement du jeu et ferraille en

Digitized by Google

marche. Celui des figures 637, 645, du type usuel en Angleterre, adopté pour les nouvelles constructions par les Compagnies de l'*Ouest*, du *Nord* et du *Midi*, est plus rigide et plus simple. Il se compose d'une tôle verticale renforcée sur le côté inférieur par une cornière, qui s'épaule sur le tablier et le maintient dans le sens transversal, sur laquelle sont rivées deux palettes également en tôle à bords relevés. Ce système permet, en outre, de ne pas placer les deux palettes l'une au-dessus de l'autre, ce qui facilite la montée et la descente. On doit recommander à cet égard, comme présentant plus de facilité pour le personnel, de placer la palette la plus basse en avant de l'autre (fig. 8). On descend en effet en tournant la face vers la machine, en en plaçant généralement le pied gauche sur la première palette. Le pied droit trouve tout naturellement la palette inférieure quand elle se trouve vers l'avant, c'est-à-dire à la droite de la personne qui descend ; il en est de même quand on monte sur la machine. La position inverse est moins commode et peut amener des chutes à moins que l'on ne soit habitué à la machine.

Les Américains font parfois des marchepieds analogues à celui que nous venons de décrire, mais en fonte mince ou en acier moulé.

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

3 2044 081 576 704

Digitized by Google